

# بخش اول

## ترانزیستور

زمان آموزش			عنوان توانایی	شماره توانایی	واحد کار
جمع	عملی	نظری			
۳۰	۲۰	۱۰	توانایی بایاس نمودن و تجزیه و تحلیل ترانزیستورهای پیوندی	۱۳	U۴
۱۴	۶	۸	توانایی بررسی انواع پارامترهای مؤثر بر تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری و شناخت فیدبک‌ها	۱۴	U۴
۴۴	۲۶	۱۸	جمع کل		

# فصل اول

## بایاس و تجزیه و تحلیل ترانزیستورهای پیوندی

### هدف کلی :

آموزش نظری و عملی اصول کار ترانزیستورهای پیوندی

### هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

- ۱- رابطه‌ی بین جریان پایه‌های یک ترانزیستور را شرح دهد.
  - ۲- درباره‌ی چگونگی عملکرد ترانزیستور در مدار توضیح دهد.
  - ۳- منحنی مشخصه‌های ترانزیستور را توضیح دهد.
  - ۴- مشخصات ناحیه‌ی قطع ترانزیستور را شرح دهد.
  - ۵- خصوصیات ناحیه‌ی فعال ترانزیستور را شرح دهد.
  - ۶- ناحیه‌ی اشباع ترانزیستور را توضیح دهد.
  - ۷- چگونگی نام‌گذاری ترانزیستور را توضیح دهد.
  - ۸- روش‌های مختلف بایاس کردن ترانزیستور را شرح دهد.
  - ۹- نقطه‌ی کار و خط بار DC ترانزیستور را توضیح دهد.
  - ۱۰- نکات مربوط به چگونگی انتخاب نقطه‌ی کار ترانزیستور را شرح دهد.
  - ۱۱- چگونگی تقویت سیگنال در ترانزیستور را توضیح دهد.
  - ۱۲- مشخصات کلی و عمومی یک تقویت کننده را نام
- ۱۳- ویژگی‌های تقویت کننده امپدانس مشترک را توضیح دهد.
  - ۱۴- مدار امپدانس مشترک را به طور عملی ببیند.
  - ۱۵- رفتار ترانزیستور در مدار امپدانس مشترک را به طور عملی تحلیل کند.
  - ۱۶- مشخصات تقویت کننده‌ی بیس مشترک را شرح دهد.
  - ۱۷- یک مدار بیس مشترک را به طور عملی ببیند.
  - ۱۸- رفتار ترانزیستور در مدار بیس مشترک را به طور عملی تحلیل کند.
  - ۱۹- مشخصات تقویت کننده کلکتور مشترک را ببیند.
  - ۲۰- مدار کلکتور مشترک را به طور عملی ببیند.
  - ۲۱- رفتار ترانزیستور در مدار کلکتور مشترک را به طور عملی تحلیل کند.

### هدف های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی :

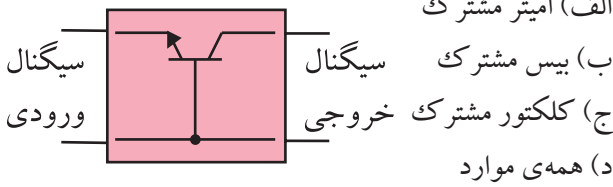
- ۱- نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس درس را رعایت کند.
  - ۲- تکالیف و مسئولیت های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
  - ۳- در موقعیت های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
  - ۴- از لوازم موجود در کلاس و هنرستان به خوبی مراقبت و نگهداری کند.
  - ۵- خوب گوش دهد و ابهامات و سوالات خود را پرسد.
  - ۶- با دقت و اعتماد به نفس به سوالات طرح شده پاسخ دهد.
- ۷- از شوخی های بی مورد پرهیزد.
  - ۸- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
  - ۹- توانمندی های خود را در موقعیت های مناسب بروز دهد.
  - ۱۰- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری موثر داشته باشد.
  - ۱۱- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.
  - ۱۲- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات ، راهنمایی و تشویق کند.

ساعات آموزش			توانایی شماره سیزده به جز توانایی ۱-۱۳ و ۷-۱۳
جمع	عملی	نظری	
۲۶	۱۷	۹	



## پیش آزمون فصل (۱)

۹- شکل زیر چه آرایشی از ترانزیستور را نشان می دهد؟



۱۰- مشخصات یک تقویت کننده ی بیس مشترک را بنویسید.

۱۱- رابطه ی  $I_E = I_B + I_C$  همیشه در یک ترانزیستور پیوندی برقرار است؟

غلط  صحیح

۱۲- کدام گزینه صحیح نیست؟

(الف) منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور، بیان کننده ی مقدار تغییرات جریان ورودی بر حسب ولتاژ ورودی است.

(ب) منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور، رابطه ی بین جریان ورودی و جریان خروجی است.

(ج) منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور، رابطه ی بین جریان و ولتاژ خروجی به ازای جریان ورودی است.

(د) منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور، شامل سه ناحیه قطع، فعال و اشباع است.

۱- ترانزیستور از سه نیمه هادی نوع N تشکیل شده است.

صحیح  غلط

۲- امیتر بیش ترین ناخالصی و بیس کم ترین ناخالصی را دارد.

صحیح  غلط

۳- منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور، مقدار تغییرات ..... ورودی را بر حسب ..... ورودی نشان می دهد.

(الف) جریان - ولتاژ

(ب) ولتاژ - مقاومت

(ج) جریان - جریان

(د) ولتاژ - ولتاژ

۴- نسبت جریان  $I_C$  به  $I_B$  را با حرف  $\beta$  نشان می دهند.

صحیح  غلط

۵- کدام گزینه درباره ی جریان های بیس و کلکتور ترانزیستور در ناحیه ی قطع صدق می کند؟

(الف)  $I_B = 0, I_C = 0$  (ب)  $I_B \neq 0, I_C = 0$

(ج)  $I_B = 0, I_C \neq 0$  (د)  $I_B \neq 0, I_C \neq 0$

۶- منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور در ناحیه ی فعال را تشریح کنید.

۷- کدام گزینه درباره ی نوع و فرکانس کار ترانزیستور

۲SC۸۲۹ صدق می کند؟

(الف) PNP، فرکانس بالا (ب) NPN، فرکانس پایین

(ج) NPN، فرکانس بالا (د) PNP، فرکانس پایین

۸- برای انتخاب نقطه ی کار ترانزیستور چه محدودیت هایی

را باید در نظر گرفت؟

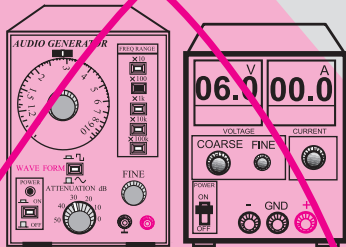
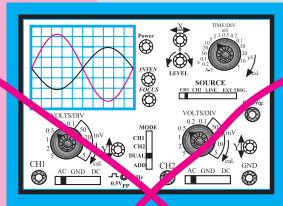
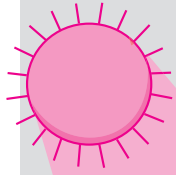
(الف) تحمل توان تلف شده

(ب) حداکثر جریان کلکتور

(ج) حداکثر ولتاژ بین کلکتور و امیتر

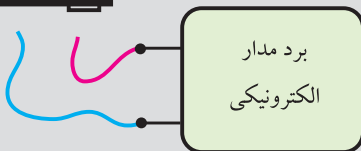
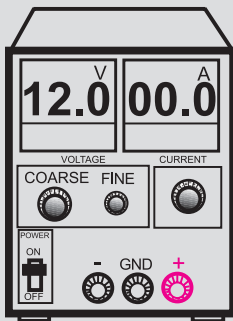
(د) همه ی موارد

۵- دستگاه های اندازه گیری را در مجاورت وسایل گرمایزا و یا نور آفتاب قرار ندهید.



۶- قبل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید.

۷- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی ، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.

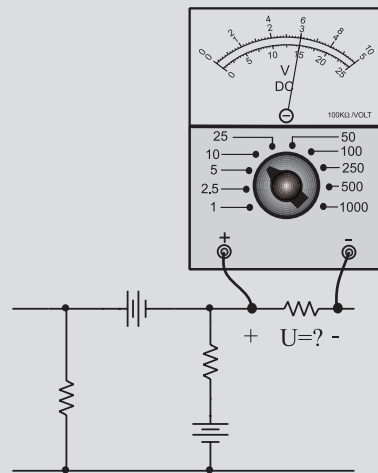


ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی را تنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید

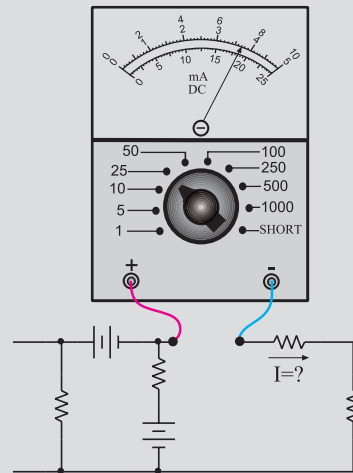
## نکات ایمنی فصل (۱)



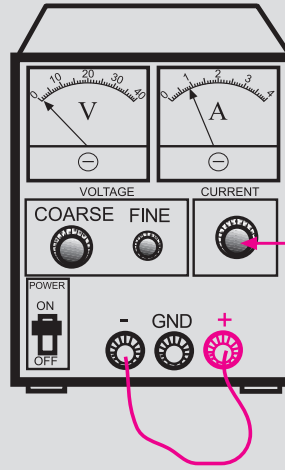
- ۱- کلیدها و ولوم های روی دستگاه های اندازه گیری را به آرامی تغییر دهید تا آسیبی به آن ها وارد نشود.
- ۲- هنگام اندازه گیری ولتاژ، حوزه کارولت متر را متناسب با ولتاژی که می خواهید اندازه بگیرید تنظیم کنید.
- ۳- هنگام اندازه گیری ولتاژ ، ولت متر را با دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.



- ۴- هنگام اندازه گیری جریان در مدار ، آمپر متر را با مدار به صورت سری ببندید.

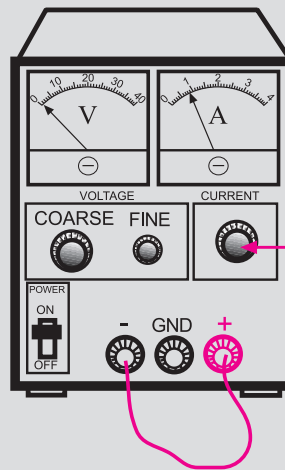


۸- اگر منبع تغذیه که با آن کار می‌کنید دارای امکانات Limit Current است، جریان خروجی را حداکثر تا ۱۰۰ mA محدود کنید.



با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

۹- اگر منبع تغذیه‌ای که با آن کار می‌کنید دارای ولوم محدود کننده جریان است در آزمایش‌های این فصل جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید. برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر ولت بگذارید سپس دو سر خروجی را اتصال کوتاه کنید. ولتاژ خروجی را کمی زیاد کنید تا جریان از ۱۰۰ mA تجاوز کند. با استفاده از ولوم Limit Current جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید.



با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

۱۰- کلیدها و ولوم‌های اسیلوسکوپ خیلی ظریف هستند. هنگام کار با اسیلوسکوپ در صورت نیاز به تغییر، کلیدها را

خیلی آرام تغییر دهید.

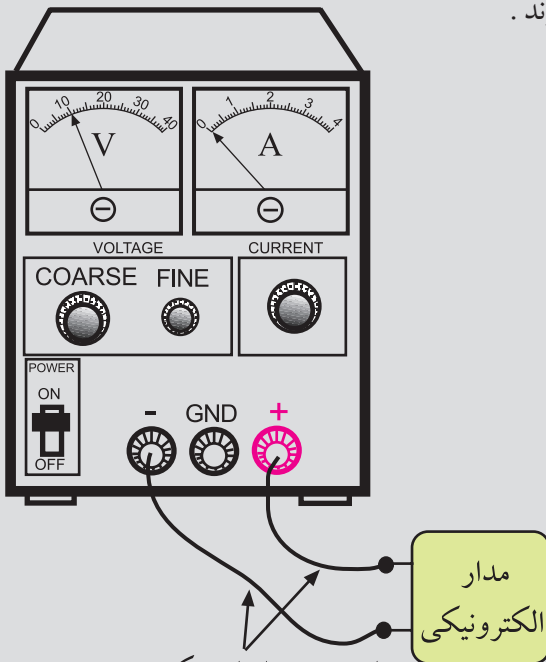
۱۱- کلید دستگاه‌های اندازه‌گیری را ابتدا با احتیاط کامل به برق وصل کنید. بعد از روشن کردن، تنظیم‌های لازم را روی آن‌ها انجام دهید و سپس به مدار وصل کنید.



پریز برق

دو شاخه منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید

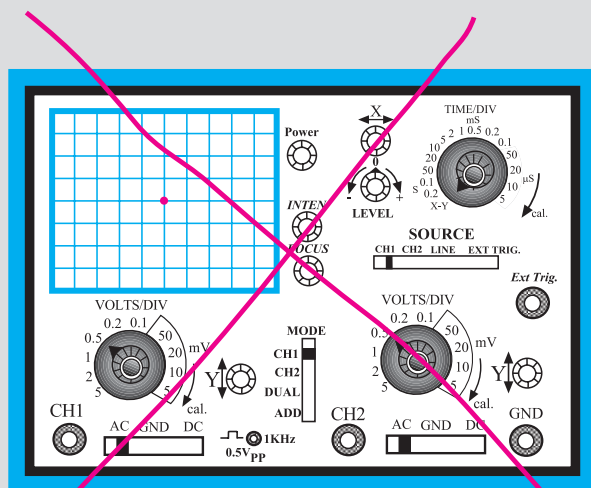
۱۲- سیم‌های رابط را به دستگاه‌های اندازه‌گیری و برد مدار چاپی آماده خیلی محکم ببندید تا در اثر لرزش قطع نشوند.



این سیم‌ها را محکم ببندید تا در اثر کوچکترین لرزش قطع نشوند

۱۴- هنگام تعویض حوزه کار کلیدها و ولوم های موجود در اسیلوسکوپ خیلی با احتیاط عمل کنید زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند و زود خراب می شوند .

۱۳- کلید X-Y در اسیلوسکوپ را برای کارهای معمولی هرگز فعال نکنید. زیرا در این حالت اشعه به صورت یک نقطه نورانی روی صفحه حساس ظاهر می شود و پوشش ماده فسفرسانس داخلی را در نقطه ای که تابیده شده است می سوزاند. در این حالت آن نقطه برای همیشه روی صفحه حساس به صورت یک لکه سیاه دیده می شود.



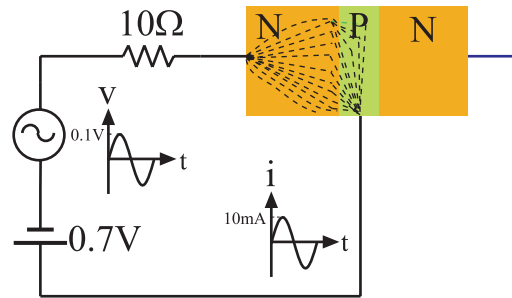
هرگز اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار ندهید



- ترانزیستور از سه نیمه هادی نوع P و N که در کنار یک دیگر قرار می گیرند و باهم آمیخته می شوند شکل می گیرد.
- ترانزیستورها با کنار هم قرار دادن سه نیمه هادی به صورت PNP و یا NPN ساخته می شوند.
- پایه های ترانزیستور را امیتر ، بیس و کلکتور نام گذاری می کنند .
- امیتر نسبت به دو پایه ی دیگر ناخالصی بیش تری دارد و بیس دارای ناخالصی کم تری است .

## ۱-۱ چگونگی عملکرد ترانزیستور

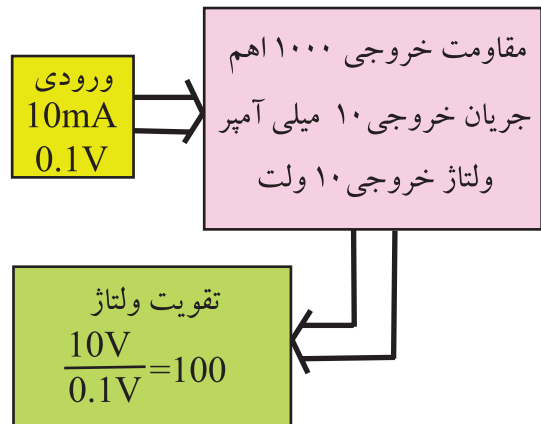
برای بررسی طرز کار ترانزیستور به شکل ۱-۱ توجه کنید.



الف) عبور جریان سینوسی از لایه PN ترانزیستور با دامنه‌ی ۱۰ میلی‌آمپر



ترانزیستور دقیقاً همین کار را انجام می‌دهد، یعنی جریان تولیدی در یک مدار را به مدار دیگری با مقاومت بیشتر انتقال می‌دهد.



ب) اگر جریان ۱۰ میلی‌آمپر از مقاومت ۱۰۰۰ اهمی عبور کند، افت ولتاژ دو سر آن ۱۰۰ برابر سیگنال ورودی می‌شود

شکل ۱-۱ نحوه تقویت در ترانزیستور

منبع ۰/۷ ولتی باعث می‌شود که دیود بیس امیتر، کاملاً در حالت هدایت قرار گیرد. در این شرایط منبع ولتاژ سینوسی با دامنه ۰/۱ ولت می‌تواند جریان سینوسی با دامنه تقریبی ۱۰mA را در مدار به وجود آورد.

$$i = \frac{V}{R} = \frac{0.1V}{10\Omega} = 0.01mA$$

اگر بتوانیم به هر طریقی این جریان سینوسی با دامنه‌ی تقریبی ۱۰mA را از یک مقاومت ۱۰۰۰ عبور دهیم، در دو سر این مقاومت ولتاژ سینوسی با دامنه تقریبی ده ولت به

وجود می‌آید زیرا:

$$V = RI = 1000 \times 10 \times 10^{-3} = 10V$$

اگر ولتاژ دو سر مقاومت را ولتاژ خروجی و سیگنال

سینوسی با دامنه ۰/۱ ولت را ولتاژ ورودی در نظر بگیریم

$$\frac{10V}{0.1V} = 100$$

برابر تقویت شده است.

برای این منظور، اتصال بین کلکتور و بیس را با ولتاژ زیاد به صورت معکوس بایاس می‌کنیم. در این صورت الکترون‌ها (جریان الکتریکی) از نیمه هادی نوع N به نیمه هادی نوع P وارد می‌شوند تا مسیر جریان را ببندند. از طرفی چون ناخالصی نیمه هادی نوع P خیلی کم است، الکترون‌ها در نیمه هادی نوع P با حفره‌ها ترکیب نمی‌شوند. هم‌چنین هنگام ساخت ترانزیستور، لایه‌ی بیس را بسیار نازک در نظر می‌گیرند به طوری که الکترون‌ها به آسانی و با نیروی کم می‌توانند از آن عبور کنند. چون پتانسیل لایه‌ی کلکتور مثبت است و دامنه آن نیز در مقایسه با پتانسیل بیس بسیار زیاد است، ۹۵ درصد الکترون‌های مربوط به مسیر جریان امیتر بیس به راحتی جذب لایه‌ی کلکتور می‌شوند و جریان کلکتور را به وجود می‌آورند. جریان کلکتور طبق شکل ۱-۲ از مقاومت ۱KΩ عبور می‌کند، ۵ درصد جریان باقی‌مانده از بیس عبور می‌کند و مدار ورودی را می‌بندد.





در هر ترانزیستور تحت هر شرایط رابطه  
 $I_E = I_C + I_B$  صادق است .

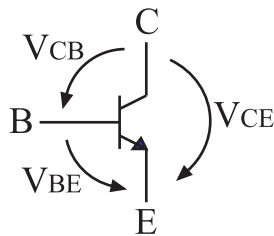
ولتاژ هر پایه نسبت به زمین و یا نسبت به هر مرجع دیگری را با حرف  $V$  و نام پایه مورد نظر نشان می دهند. مثلاً  $V_C$  پتانسیل (ولتاژ) پایه کلکتور نسبت به زمین است. در شکل ۱-۴ ولتاژ نقاط مختلف یک ترانزیستور نسبت به زمین نشان داده شده است .



$V_B$  یعنی ولتاژ بیس نسبت به زمین

شکل ۱-۴- ولتاژ پایه‌های ترانزیستور نسبت به زمین

ولتاژ بین دو پایه ترانزیستور را با حرف  $V$  نشان می دهند و به دنبال آن نام دو پایه را مشخص می کنند، مثلاً  $V_{BE}$  ولتاژ بین پایه بیس و امیتر است. توجه داشته باشید که پایه بیس در این نام گذاری برای ترانزیستور مورد نظر مثبت تر در نظر گرفته می شود. در شکل ۱-۵ نام گذاری ولتاژ بین پایه‌ها نشان داده شده است.

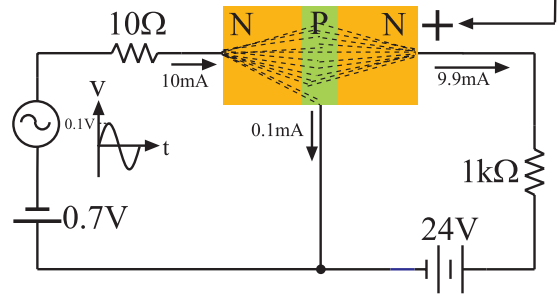


$V_{BE}$  یعنی ولتاژ بیس نسبت به امیتر

شکل ۱-۵- نام گذاری ولتاژ بین پایه‌ها

در یک ترانزیستور، تغییرات جریان بیس، باعث تغییرات بیش تر جریان در کلکتور می شود، شکل ۱-۶.

ولتاژ زیاد و مثبت باعث می شود که الکترون های داخل بیس به طرف کلکتور جذب شوند



شکل ۱-۲ عملکرد ترانزیستور

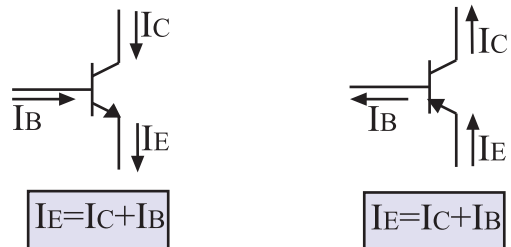


بنابراین ترانزیستور جریانی را که به واسطه یک مقاومت کم در یک مدار تولید شده است را می تواند از مدار دیگری با مقاومت بیش تر عبور دهد. نام ترانزیستور نیز از همین عملکرد انتخاب شده است .

Transfer resistor

Transistor

جریانی که از هر پایه ترانزیستور عبور می کند را به نام همان پایه نام گذاری می کنند. مثلاً جریانی که از بیس عبور می کند را  $I_B$  می نامند. در شکل ۱-۳ نام گذاری جریان پایه‌های ترانزیستورهای PNP و NPN نشان داده شده است. با توجه به توضیحات بالا رابطه:  $I_E = I_B + I_C$  همیشه برقرار است .

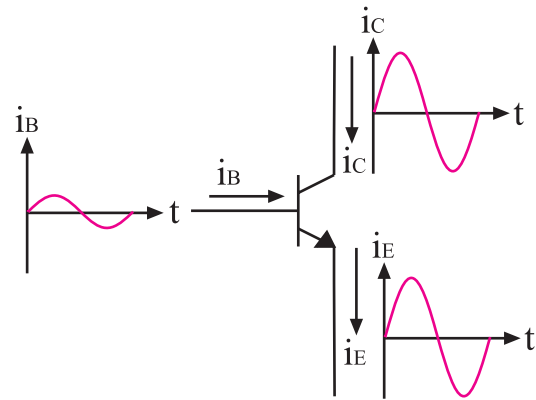


شکل ۱-۳- رابطه بین جریان‌ها در ترانزیستور

## نکته مهم:

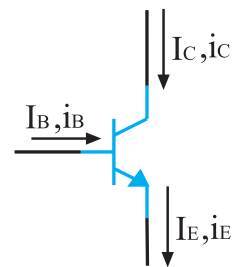


در این کتاب، با حروف TR، Q و یا T به ترانزیستور اشاره شده است.



شکل ۶-۱- اثر تغییرات جریان بیس

اگر جریان بیس به اندازه یک میلی آمپر تغییر کند، تغییرات جریان در کلکتور ممکن است به ۱۰۰ میلی آمپر برسد. در یک ترانزیستور، جریان ها و ولتاژهای متغیر یا متناوب (AC) را با حروف کوچک ( $i, v$ ) و ولتاژها و جریان های ثابت (DC) را با حروف بزرگ ( $I, V$ ) مشخص می کنند، شکل ۷-۱.



$i_E, i_C, i_B$	ولتاژ و جریان متغیر را با حروف کوچک نشان می دهند
$V_E, V_C, V_B$	ولتاژ و جریان ثابت را با حروف بزرگ نشان می دهند

شکل ۷-۱ نحوه نام گذاری جریان ها و ولتاژهای متناوب و ثابت در ترانزیستور

برای تشخیص پایه های ترانزیستور وهم چنین نوع ترانزیستور (NPN، PNP) می توان به کاتالوگ ترانزیستور مراجعه کرد. همچنین به کمک مولتی متر دیجیتالی یا عقربه ای نیز می توان نوع ترانزیستور (NPN، PNP) و پایه های آن را تشخیص داد. در کتاب الکترونیک پایه، نحوه ی تشخیص نوع ترانزیستورها و پایه های آن به کمک مولتی متر دیجیتالی توضیح داده شده است.

- ۱- لایه ی بیس دارای ضخامت کم (حدود میکرون) و لایه ی کلکتور دارای ضخامتی به مراتب بزرگ تر از بیس است.
- ۲- جهت جریان قراردادی در ترانزیستور، با جهت فلش آمیتر، مطابقت دارد.

## ۲-۱ منحنی مشخصه های ترانزیستور

بعضی از مشخصات یک ترانزیستور، به شدت تابع حرارت است، یعنی با تغییر حرارت برخی از مشخصات ترانزیستور تغییر می کند. روابط بین شدت جریان و ولتاژ (اختلاف پتانسیل) و تغییرات آن ها در یک ترانزیستور بستگی به حرارت دارد. به همین جهت رابطه ی بین اختلاف پتانسیل و شدت جریان ورودی را نمی توان با یک رابطه ی ساده ی ریاضی بیان کرد. به منظور جلوگیری از مواجه شدن با روابط پیچیده ی ریاضی، از یک سری منحنی استفاده می کنند که به منحنی مشخصه های ترانزیستور معروف است. کارخانه های سازنده برای یک ترانزیستور، تعداد زیادی منحنی های مشخصه در اختیار مشتریان قرار می دهند. از میان منحنی های داده شده توسط کارخانه ی سازنده، سه منحنی از اهمیت خاصی برخوردار است که در ادامه به طور خلاصه به شرح آن ها می پردازیم.

### ۲-۱-۱ منحنی مشخصه ی ورودی

منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور، بیان کننده ی مقدار جریان ورودی بر حسب ولتاژ است، شکل ۸-۱.

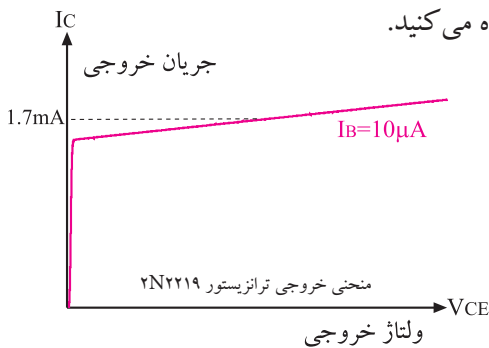
ترانزیستور برابر  $I_C = 6 \text{ mA}$  خواهد شد. در یک ترانزیستور نسبت جریان  $I_C$  به  $I_B$  را با حرف  $\beta$  (بتا) نشان می دهند و آن را ضریب تقویت جریان می نامند. این مشخصه یکی از پارامترهای مهم ترانزیستور است. در حقیقت منحنی مشخصه انتقالی ترانزیستور نشان دهنده ی مقدار

$\beta$  است. مقدار  $\beta$  از رابطه ی  $\beta = \frac{I_C}{I_B}$  به دست می آید.

### ۱-۲-۳ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور

منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور، رابطه بین جریان و ولتاژ خروجی را برای جریان ورودی معین نشان می دهد.

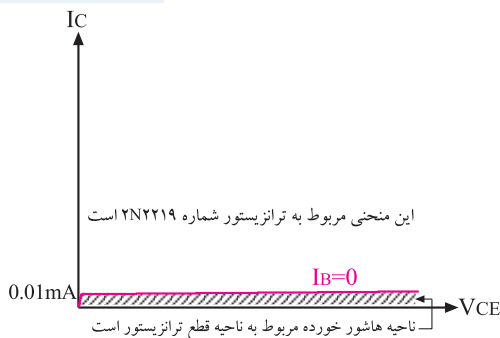
در شکل ۱-۱۱ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور را مشاهده می کنید.



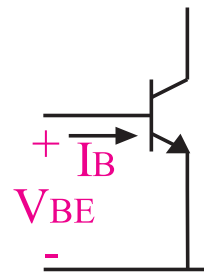
شکل ۱-۱۱- یک نمونه منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور شامل سه ناحیه قطع، فعال و اشباع است.

**الف - ناحیه ی قطع:** در این ناحیه جریان بیس صفر است و ترانزیستور هنوز به آستانه هدایت نرسیده است. در ناحیه ی قطع روابط زیر برقرار است، شکل ۱-۱۲.

$$I_B = 0, I_C = 0$$

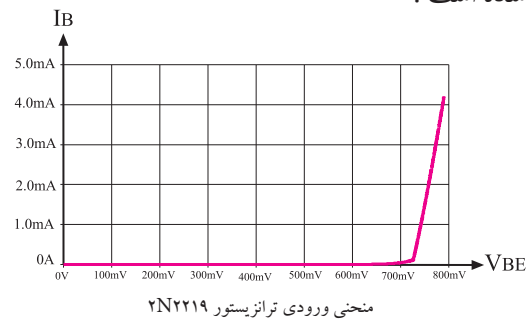


شکل ۱-۱۲- ناحیه قطع در منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور



شکل ۱-۸- جریان ورودی ترانزیستور  $I_B$  است

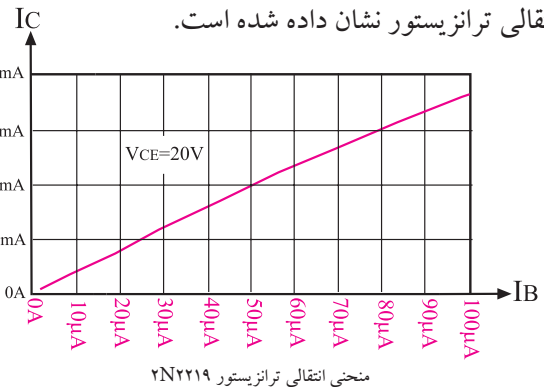
اگر ورودی ترانزیستور را دیود بیس-امیتر در نظر بگیریم، منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور دقیقاً مشابه منحنی مشخصه ی «ولت-آمپر» یک دیود می شود. در شکل ۱-۹ منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور 2N2219 نشان داده شده است.



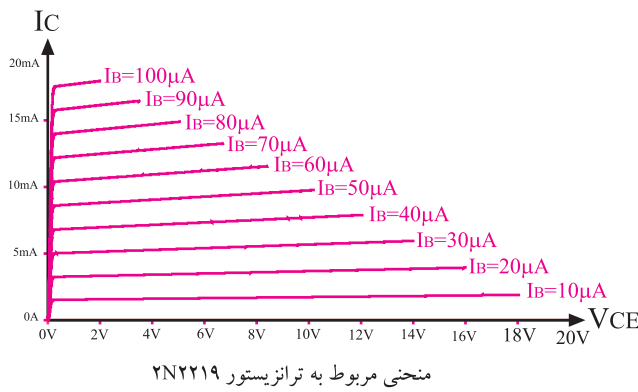
شکل ۱-۹- یک نمونه منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور

### ۱-۲-۲ منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور

منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور، رابطه بین جریان ورودی و جریان خروجی ترانزیستور برای مقادیر ثابت  $V_{CE}$  را به ما می دهد. در شکل ۱-۱۰ یک نمونه منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۰- یک نمونه منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور با توجه به منحنی انتقالی نشان داده شده در شکل ۱-۱۰ اگر  $I_B = 0.25 \text{ mA}$  و  $V_{CE} = 5 \text{ V}$  باشد، جریان کلکتور



شکل ۱-۱۵ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور برای چند  $I_B$

### ۱-۳ آزمایش شماره ۱

#### عملکرد ترانزیستور

#### زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۳-۱ هدف آزمایش: بررسی تغییرات جریان بیس

روی جریان کلکتور

۱-۳-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

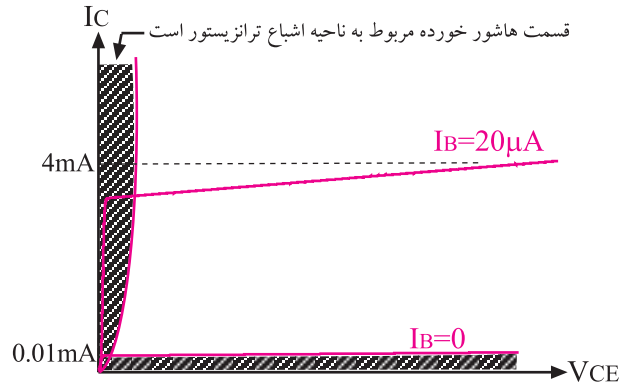
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۱۵V-۰	یک دستگاه
۲	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	ترانزیستور BC۱۰۷، BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۴	مقاومت های $10K\Omega$ ، $100\Omega$ ( $\frac{1}{4}$ وات)	هر کدام یک عدد
۵	پتانسیومتر $100K\Omega$	یک عدد
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم های رابط معمولی	به مقدار کافی

### ۱-۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- منبع تغذیه را با احتیاط به برق وصل کنید و پس از روشن کردن، ولتاژ خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.

ب - ناحیه اشباع: ناحیه ای است که ترانزیستور در حالت هدایت قرار دارد ولی با تغییر بسیار کم  $V_{CE}$ ، جریان کلکتور ( $I_C$ ) شدیداً تغییر می کند. در ناحیه اشباع روابط زیر برقرار است، شکل ۱-۱۳.

$$I_B \neq 0, I_C \neq 0, V_{CE} = 0.2V$$

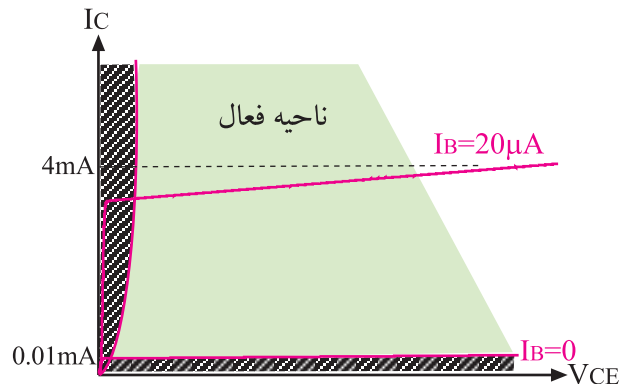


منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱-۱۳ ناحیه اشباع در منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور

ج- ناحیه فعال: در این ناحیه ترانزیستور در حالت هدایت قرار دارد و با تغییرات  $V_{CE}$ ، جریان کلکتور چندان تغییر نمی کند، شکل ۱-۱۴.

ج- ناحیه فعال: در این ناحیه ترانزیستور در حالت هدایت قرار دارد و با تغییرات  $V_{CE}$ ، جریان کلکتور چندان تغییر نمی کند، شکل ۱-۱۴.

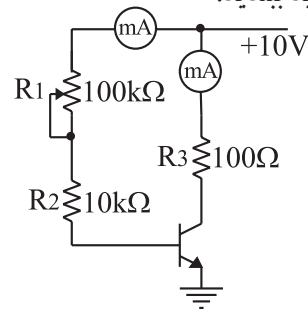


منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱-۱۴ ناحیه فعال در منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور

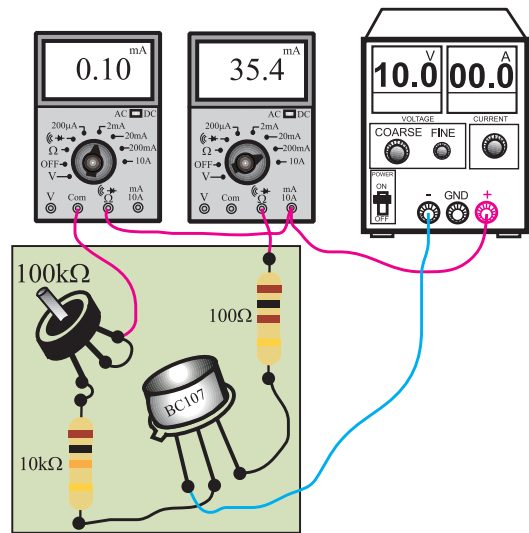
کارخانه های سازنده قطعات الکترونیکی معمولاً منحنی مشخصه ی خروجی را برای تعدادی از مقادیر  $I_B$  در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهند. شکل ۱-۱۵ منحنی مشخصه ی خروجی یک ترانزیستور را برای تعدادی از مقادیر  $I_B$  نشان می دهد.

■ مدار شکل ۱۶-۱ را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی که در اختیار دارید ببندید.



الف - شماتیک مدار

حالت (۱)      حالت (۲)



ب - مدار عملی

شکل ۱۶-۱ مدار مورد آزمایش

■ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و آن را خاموش کنید.

■ مولتی متر را روی رنج میلی آمپر متر تنظیم کنید.

■ میلی آمپر متر را مانند (حالت ۱) در مسیر پتانسیومتر  $100k\Omega$  وصل کنید.

■ با تغییر پتانسیومتر، جریان بیس را طوری تنظیم کنید که میلی آمپر متر مقدار  $0.1$  میلی آمپر را نشان دهد.

■ میلی آمپر متر را از مدار جدا کنید. در این حالت باید انتهای بالایی پتانسیومتر به  $+10$  ولت وصل شود.

■ میلی آمپر متر را مشابه حالت (۲) در مسیر مقاومت  $R_p$  اتصال دهید.

■ جریان کلکتور را بخوانید و در جدول ۱-۱ یادداشت کنید.

■ با تغییر پتانسیومتر، جریان بیس را به ترتیب روی  $0.2$  mA،  $0.3$  mA،  $0.4$  mA و  $0.5$  mA تنظیم کنید و برای هر تنظیم جریان بیس، جریان کلکتور را بخوانید و در جدول ۱-۱ یادداشت کنید.

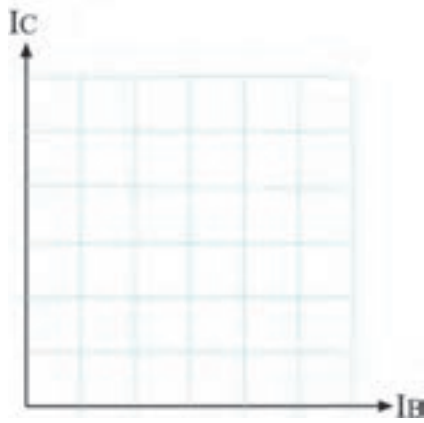
جدول ۱-۱

$I_B$ (mA)	$I_C$ (mA)	$\beta = \frac{I_C}{I_B}$
۰/۱		$\beta_1 =$
۰/۲		$\beta_2 =$
۰/۳		$\beta_3 =$
۰/۴		$\beta_4 =$
۰/۵		$\beta_5 =$

همان طور که از جدول ۱-۱ مشخص است با افزایش جریان بیس ( $I_B$ ) جریان کلکتور ( $I_C$ ) زیاد می شود.



اگر این آزمایش را تکرار کنید یا در دماهای مختلف محیط انجام دهید، ممکن است اعداد به دست آمده در هر آزمایش با هم تفاوت داشته باشند. مثلاً در مرحله اول برای  $I_B = 0.1$  mA، مقدار  $I_C = 10$  mA به دست می آید و برای  $I_B = 0.1$  mA، ممکن است  $I_C = 11$  mA شود. این امر کاملاً طبیعی است، زیرا مشخصات ترانزیستور تابع حرارت است و با تغییرات دما ممکن است این مقادیر تا میزان ۱۰۰ درصد نیز تغییر کند.



شکل ۱-۱۷

**سوال ۳:** این منحنی مشخصه کدام یک از منحنی مشخصه‌های ترانزیستور است؟

### ۴-۳-۱ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فراگرفته اید به اختصار شرح دهید.

همان طور که قبلاً گفته شد، نسبت جریان  $I_C$  به  $I_B$  را ضریب تقویت جریان ترانزیستور می‌نامند و آن را با حرف  $\beta$  (بتا - Beta) مشخص می‌کنند.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\beta = \frac{\text{جریان خروجی}}{\text{جریان ورودی}}$$

با توجه به مقادیر مختلف  $I_B$  در جدول ۱-۱، ضریب تقویت جریان ترانزیستور در هر مرحله را محاسبه کنید و در جدول ۱-۱ بنویسید.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\square}{\square} = \square$$

**سوال ۱:** آیا مقدار  $\beta$  به دست آمده در مراحل مختلف در جدول ۱-۱ باهم برابر است؟ توضیح دهید.



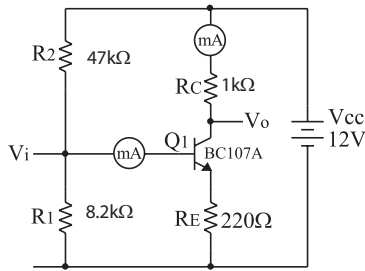
در یک ترانزیستور معمولی، تغییرات جریان کم بیس باعث تغییرات زیادی در جریان کلکتور می‌شود.

**سوال ۲:** در این آزمایش مطابق جدول ۱-۱ با تغییر دادن  $I_B$ ، مقدار جریان  $I_C$  تغییر کرده است. به کمک نقطه یابی منحنی  $I_C$  را به صورت تابعی از  $I_B$  در نمودار شکل ۱-۱۷ با مقیاس مناسب رسم کنید.

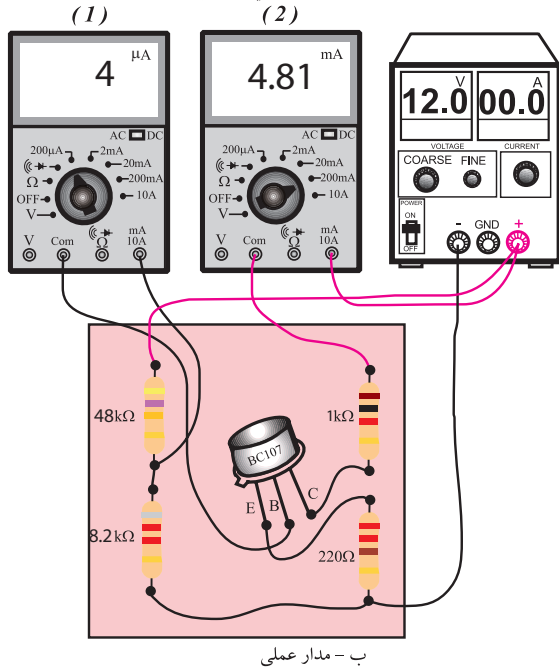
## ۴-۱ آزمایش شماره ۲

### ولتاژبندی یا بایاسینگ ترانزیستور

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۱۸-۱ مدار مورد آزمایش

مولتی متر دیجیتالی را روی رنج میلی آمپر متر تنظیم کنید.

میلی آمپر متر را در حالت (۱) روی رنج ۲ mA قرار دهید و به بیس ترانزیستور  $Q_1$  وصل کنید.

جریان بیس ترانزیستور  $Q_1$  را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_B = \dots\dots\dots \mu A$$

میلی آمپر متر را از بیس ترانزیستور جدا کنید.

رنج میلی آمپر متر را روی ۲۰ mA قرار دهید و آن را در مسیر کلکتور ترانزیستور  $Q_1$  (بین مقاومت ۱KΩ و مثبت منبع تغذیه) وصل کنید، حالت (۲).

جریان کلکتور ترانزیستور  $Q_1$  را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_C = \dots\dots\dots mA$$

۴-۱-۱ هدف آزمایش: اندازه گیری ولتاژ و جریان های

DC (نقاط کار) یک ترانزیستور بایاس شده.

۴-۱-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۱۵V-۰	یک دستگاه
۲	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	ترانزیستور BC107 یا BC108 یا BC109	یک عدد
۵	مقاومت های ۱KΩ، ۴۷kΩ، ۲۲۰Ω، ۸/۲KΩ، ۱ وات) / ۴	هر کدام یک عدد
۶	سیم رابط یک سر گیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۴-۱-۳ مراحل اجرای آزمایش:

منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.

منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را روی صفر ولت قرار دهید.

مدار شکل ۱۸-۱ را روی برد آزمایشگاهی ببندید.

ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

جدول ۱-۲ - مقادیر ولتاژ نقاط مختلف تقویت کننده.

$V_B = \dots\dots\dots V$ (ولتاژ بیس نسبت به زمین یا خط مرجع)
$V_C = \dots\dots\dots V$ (ولتاژ کلکتور نسبت به زمین یا خط مرجع)
$V_E = \dots\dots\dots V$ (ولتاژ امیتر نسبت به زمین)
$V_{CE} = \dots\dots\dots V$ (ولتاژ بین کلکتور و امیتر)
$V_{BE} = \dots\dots\dots V$ (ولتاژ بین بیس و امیتر)
$V_{BC} = \dots\dots\dots V$ (ولتاژ بین بیس و کلکتور)

**نقطه کار ترانزیستور:**

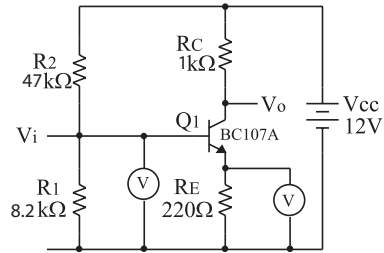
$I_B = \dots\dots\dots mA, I_C = \dots\dots\dots mA$

$V_{BE} = \dots\dots\dots V, V_{CE} = \dots\dots\dots V$

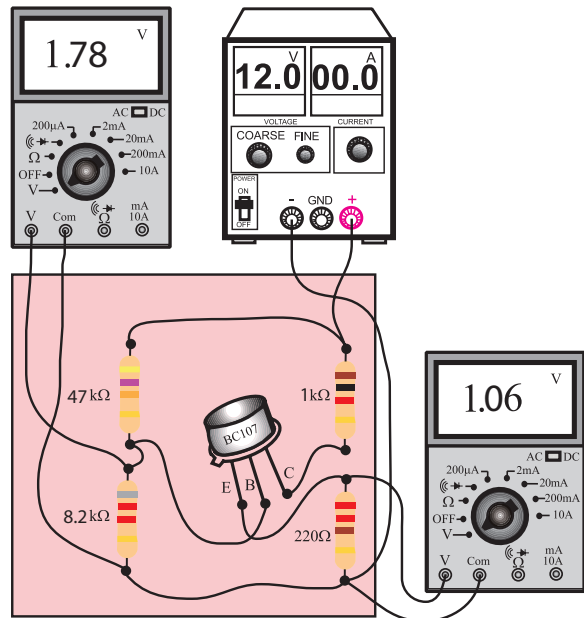
**سوال** در این آزمایش با توجه به نقطه‌ی کار به دست آمده ترانزیستور در کدام ناحیه کار قرار دارد؟ توضیح دهید.

**سوال** در یک تقویت کننده معمولی،  $V_{CE}$  تقریباً چند درصد  $V_{CC}$  است؟ توضیح دهید.

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را به صفر ولت برگردانید.
- میلی آمپر متر را از مدار جدا کنید.
- مدار شکل ۱-۱۹ را روی برد آزمایشگاهی ببندید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۱-۱۹ مدار مورد آزمایش

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- به کمک ولت متر دیجیتالی ولتاژهای داده شده در جدول ۱-۲ را اندازه گیری و یادداشت کنید.
- مشخصات نقطه‌ی کار ترانزیستور را بنویسید.



## ۴-۴-۱- نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح

دهید.



## ۱-۵-۱ روش ژاپنی

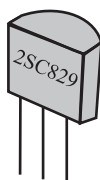
در این روش نام گذاری، نام ترانزیستور با پیشوند ۲S شروع می‌شود و به دنبال آن یکی از حروف A، B، C، D می‌آید که هر کدام از حروف مفاهیمی به شرح زیر دارند. **A**: ترانزیستور PNP و در فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کار کند.

**B**: ترانزیستور PNP و در فرکانس‌های کم نیز می‌تواند کار کند.

**C**: ترانزیستور NPN و در فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کار کند.

**D**: ترانزیستور NPN و در فرکانس‌های کم نیز می‌تواند کار کند.

بعد از این حروف تعداد ۲، ۳ یا ۴ رقم عدد قرار می‌گیرد که با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها می‌توان مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد. برای مثال ترانزیستور ۲SC۸۲۹، ترانزیستور NPN است و در فرکانس‌های زیاد نیز به خوبی کار می‌کند. سایر مشخصات این ترانزیستور را می‌توان با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها استخراج کرد، شکل ۲۰-۱.



شکل ۲۰-۱ نام‌گذاری ترانزیستور به روش ژاپنی

برای بیان نام ترانزیستورهای ژاپنی در بسیاری از موارد حروف ۲S را بیان نمی‌کنند و آن را به صورت C۸۲۹ نمایش می‌دهند.

## ۲-۵-۱ روش اروپایی

در نام‌گذاری به روش اروپایی، تا سال ۱۹۶۰ میلادی ترانزیستورها را با پیشوند OD، OC با دو، سه یا چهار رقم به دنبال آن مشخص می‌کردند. حروف OC برای

## ۵-۱ نام‌گذاری ترانزیستورها

برای نام‌گذاری ترانزیستورها، سه روش رایج در دنیا وجود دارد ولی تعدادی از سازندگان قطعات الکترونیکی از سیستم‌های نام‌گذاری خاص خود استفاده می‌کنند. مثلاً حروف اول شرکت سازنده را روی ترانزیستور می‌نویسند یا حتی به صورت پیش‌شماره می‌آورند. روش‌های رایج نام‌گذاری عبارتند از:

الف: روش ژاپنی

ب: روش اروپایی

پ: روش امریکایی

در این قسمت، روش‌های رایج نام‌گذاری را به طور

خلاصه شرح می‌دهیم:

از حروف S، L، F، D، C و یا U است معانی هریک از این حروف در جدول ۳-۱ آمده است

جدول ۳-۱- مشخصات حروف دوم ترانزیستور

C : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کار کم
D : ترانزیستور با قدرت بالا و فرکانس کار کم
F : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کار زیاد
L : ترانزیستور با قدرت بالا و فرکانس کار زیاد
S : ترانزیستور با قدرت کم که برای سوئیچ به کار می رود
U : ترانزیستور با قدرت زیاد که برای سوئیچ به کار می رود

سه رقم بعدی نشان دهنده سری ترانزیستور است. با استفاده از این سه رقم و جدول مشخصات ترانزیستورها می توان سایر مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد.

مثلاً در ترانزیستور BC107، جنس نیمه هادی سیلیسیوم (B) است و ترانزیستور با قدرت کم کار می کند و فرکانس کار آن کم (C) است.

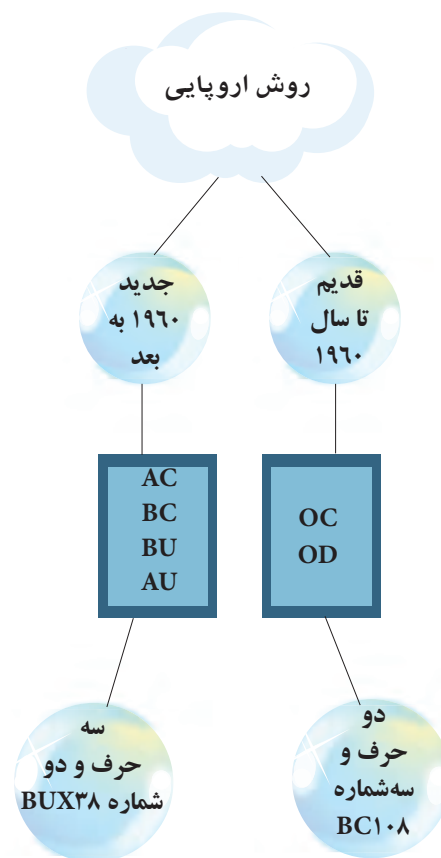
در این روش نام گذاری، نوع ترانزیستور (PNP، NPN) از روی حروف ترانزیستور مشخص نمی شود.

### ۳-۵-۱ روش آمریکایی

در این روش نام گذاری، ترانزیستورها و کلیه المانهای سه قطبی یعنی المانهایی که سه پایه دارند را با 2N مشخص می کنند و تعدادی رقم را به عنوان سری ترانزیستور به دنبال آن می آورند. حرف N و عدد 2 (2N) فقط نشان می دهد که المان از هر نوعی که باشد سه پایه دارد. سایر مشخصات قطعه مانند نوع قطعه مثلاً ترانزیستور، تریاک، ترانزیستور را

ترانزیستورهای کم قدرت و OD برای ترانزیستورهای با قدرت بالا به کار می روند.

در این نوع نام گذاری، نوع ترانزیستور (PNP، NPN) جنس نیمه هادی به کار برده شده یا محدوده فرکانسی آن مشخص نمی شود. از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد، شیوهی نام گذاری به روش بالا تغییر کرد. به این ترتیب ترانزیستورهایی که بیشتر در رادیو و تلویزیون یا وسایل الکترونیکی عمومی به کار برده می شدند با دو حرف و سه رقم و ترانزیستورهای خاص با سه حرف و دو رقم مشخص شدند، شکل ۲۱-۱. مثلاً ترانزیستور BUX38 ترانزیستور قدرت با فرکانس بالاست.

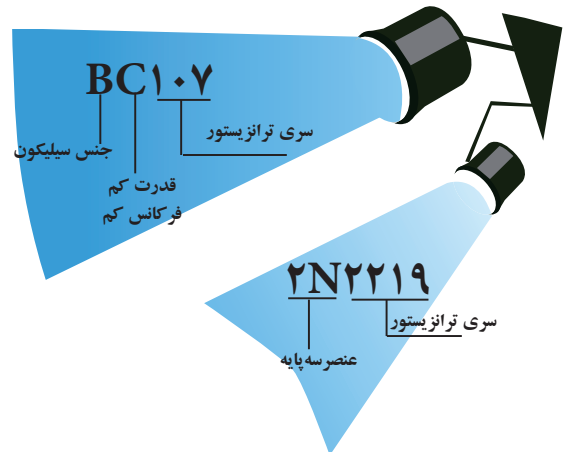


شکل ۲۱-۱ روش نام گذاری اروپایی ترانزیستورها

### نام گذاری دو حرف و سه رقم

حرف اول در این روش نشان دهنده جنس نیمه هادی است. اگر جنس نیمه هادی ژرمانیوم باشد با حرف A و اگر سیلیسیوم باشد با حرف B مشخص می شود. حرف دوم یکی

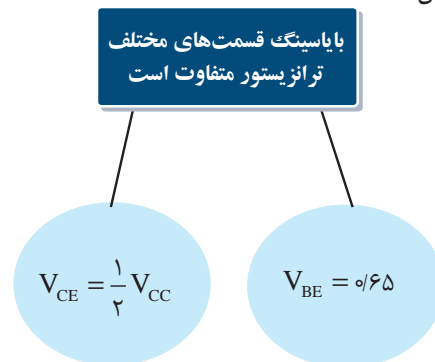
نمی‌توان از روی حرف و اعداد اختصاص داده شده به ترانزیستور مشخص کرد.



شکل ۱-۲۲ روش نام گذاری آمریکایی و اروپایی ترانزیستور

## ۱-۶ بایاسینگ ترانزیستور

برای این که یک ترانزیستور درست کار کند، ابتدا باید مقادیر ولتاژ و جریان DC ترانزیستور را تأمین کنیم. تأمین ولتاژ پایه های ترانزیستور را بایاسینگ ترانزیستور می‌نامند. ولتاژی که باید به قسمت‌های مختلف یک ترانزیستور یا یک مدار ترانزیستوری اعمال شود با توجه به نوع و کار مدار است. مثلاً در شرایطی لازم است مقدار ولتاژ بیس امیتر ترانزیستور حدود  $0.65V$  ولت و ولتاژ کلکتور امیتر آن  $(V_{CE})$  ،  $\frac{1}{2} V_{CC}$  باشد، شکل ۱-۲۳.



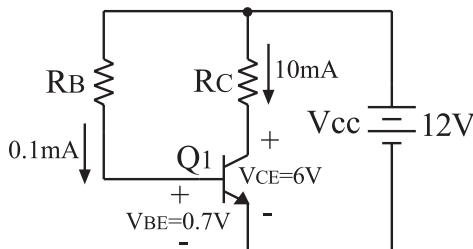
شکل ۱-۲۳ بایاسینگ ترانزیستور

برای تأمین ولتاژهای مورد نیاز برای قسمت‌های مختلف یک تقویت کننده به کمک فقط یک منبع تغذیه، باید از تقسیم کننده های مقاومتی اهمی استفاده کنیم. برای این منظور مقاومت های اهمی را به صورت های مختلف به تقویت کننده

می‌بندیم و با ایجاد افت ولتاژ کافی، ولتاژ و جریان های DC مورد نیاز را به دست می‌آوریم. یادآور می‌شود که انتخاب مقاومت‌ها، هدف‌های دیگری مانند تعیین امپدانس ورودی، امپدانس خروجی، بهره‌ی ولتاژ را نیز در برمی‌گیرد.

برای این که با مقاومت های اهمی بتوانیم افت ولتاژهای مورد نیاز را ایجاد کنیم مثال ساده زیر را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

**مثال ۱:** اگر بخواهیم در مدار ترانزیستور شکل ۱-۲۴ مقادیر  $I_B = 0.1mA$  ،  $I_C = 10mA$  ،  $V_{BE} = 0.7V$  ،  $V_{CE} = 6V$  باشد، مقدار مقاومت‌هایی که باید به ترانزیستور اتصال داده شود را محاسبه کنید.



شکل ۱-۲۴ نمونه‌ای از بایاسینگ مستقیم

**حل:** از روی شکل ۱-۲۴ روابط را می‌نویسیم:

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} \quad \text{طبق قانون KVL}$$

$$12 = R_C \times 10mA + 6 \quad \text{در حلقه‌ی خروجی}$$

$$R_C = \frac{12 - 6}{10mA} = 600\Omega \quad (V_{CE}, R_C, V_{CC})$$

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE} \quad \text{طبق قانون KVL}$$

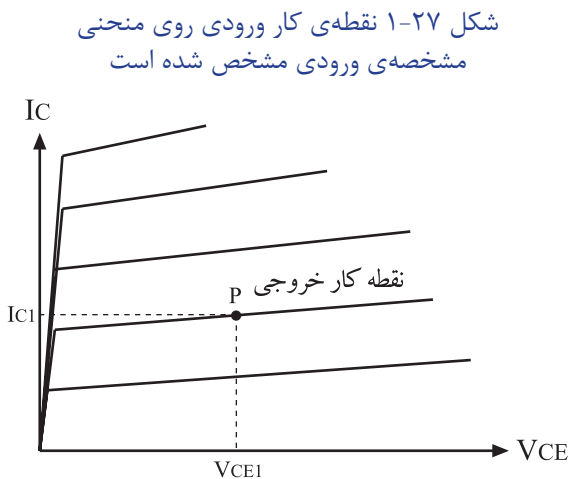
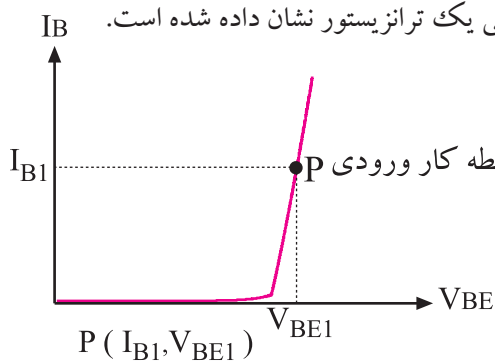
$$12 = R_B \times 0.1mA + 0.7 \quad \text{در حلقه‌ی ورودی}$$

$$R_B = \frac{12 \times 0.1}{0.1} = 113k\Omega \quad (V_{BE}, R_B, V_{CC})$$

مقادیر  $V_{CE}$  ،  $V_{BE}$  ،  $I_C$  و  $I_B$  در یک ترانزیستور را نقطه کار ترانزیستور می‌نامند. برای تأمین ولتاژ و جریان DC مورد نیاز علاوه بر مدار شکل ۱-۲۴ از مدارهای دیگری نیز استفاده می‌شود. در شکل ۱-۲۵ یک نمونه دیگر از مدار بایاسینگ ترانزیستور نشان داده شده است. این نوع مدار را **مدار بایاسینگ کلکتور - بیس** می‌نامند.

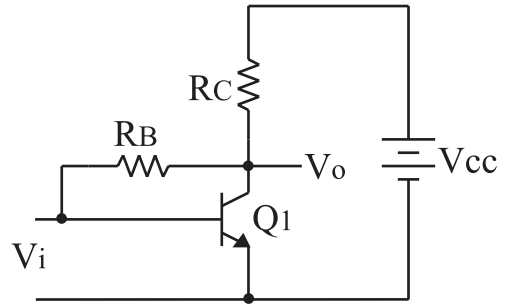
## ۱-۷-۱ - نقطه‌ی کار و خط بار ترانزیستور

۱-۷-۱-۱ نقطه‌ی کار : به مقادیر DC مربوط به  $I_C$  ،  $I_B$  و  $V_{BE}$  و  $V_{CE}$  ترانزیستور نقطه‌ی کار ترانزیستور می‌گویند. در شکل ۱-۲۷ نقطه‌ی کار ورودی و در شکل ۱-۲۸ نقطه کار خروجی یک ترانزیستور نشان داده شده است.



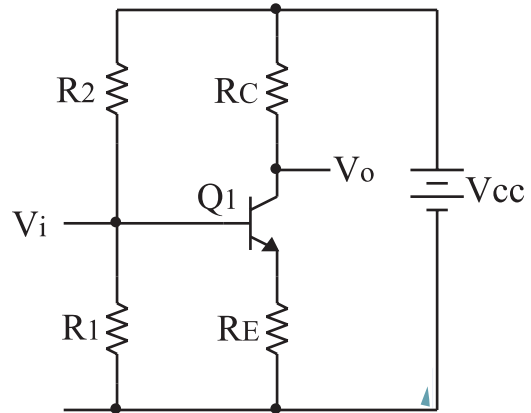
## ۱-۷-۲ - انتخاب نقطه‌ی کار : برای انتخاب نقطه

کار ، ابتدا باید محدودیت های ترانزیستور را در نظر گرفت. از جمله محدودیت‌ها می‌توان تحمل توان تلف شده در ترانزیستور، حداکثر جریان کلکتور و حداکثر ولتاژ « کلکتور - امیتر » ( $V_{CE}$ ) را نام برد. توان تلف شده در ترانزیستور تقریباً برابر  $P_D = V_{CE} \cdot I_C$  است. به همین جهت نقطه‌ی کار را باید در محلی انتخاب کنیم که حاصل ضرب  $V_{CE}$  در  $I_C$  ( $P_D$ ) از ماکزیمم توان قابل تحمل ترانزیستور کمتر و یا مساوی آن باشد. همچنین نقطه‌ی کار در  $I_B = 0$  یعنی منطقه‌ی قطع ترانزیستور یا در نقطه‌ی اشباع ترانزیستور قرار نگیرد. به طور

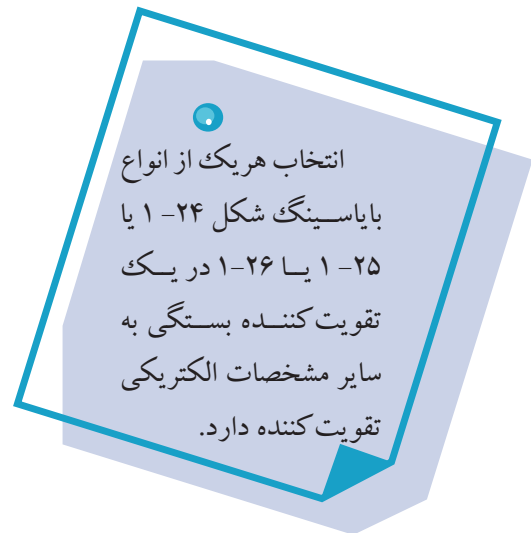


شکل ۱-۲۵ یک نمونه‌ی دیگری از بایاسینگ ترانزیستور (بایاسینگ کلکتور- بیس)

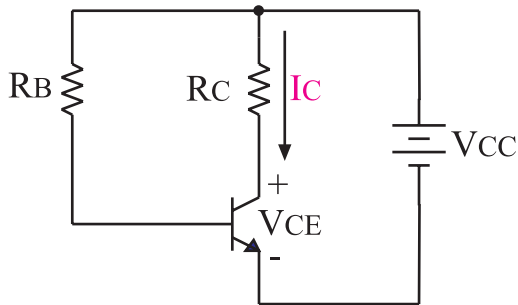
یکی از رایج ترین نوع بایاسینگ ترانزیستور ،مدار شکل ۱-۲۶ است این مدار را **بایاسینگ تقسیم کننده‌ی مقاومتی یا سرخود** می‌نامند .



شکل ۱-۲۶ مدار بایاسینگ ترانزیستور از نوع سرخود



برای رسم خط بار می توان از معادله ی خروجی ترانزیستور استفاده نمود. با توجه به شکل ۱-۳۱ معادله ی ولتاژ خروجی را می نویسیم:



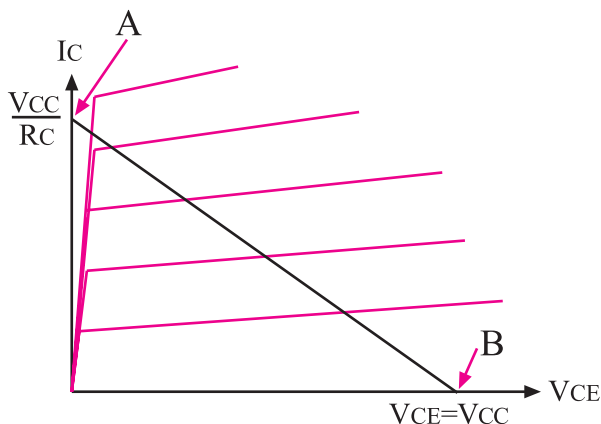
شکل ۱-۳۱ معادله ی ولتاژ خروجی تقویت کننده به صورت  $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$  است.

چون  $R_C$  ثابت و مقادیر  $I_C$  و  $V_{CE}$  متغیر است، یک بار  $I_C$  و بار دیگر  $V_{CE}$  را مساوی صفر در نظر می گیریم. سپس نقاط به دست آمده را به هم وصل می کنیم تا خط بار به دست آید.

$$\text{نقطه A} \left\{ \begin{array}{l} V_{CE} = 0 \\ V_{CC} = R_C \cdot I_C + 0 \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \end{array} \right.$$

$$\text{نقطه B} \left\{ \begin{array}{l} I_C = 0 \\ V_{CC} = 0 \times R_C + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} \end{array} \right.$$

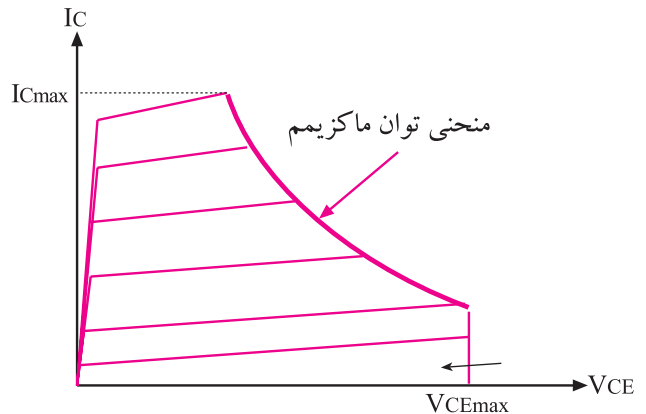
در شکل ۱-۳۲ خط بار یک ترانزیستور که در تقویت کننده شکل ۱-۳۱ به کار رفته است را مشاهده می کنید. با توجه به شرایطی که قبلاً ذکر شد بر روی خط بار می توان تعداد زیادی نقطه ی کار به دست آورد.



شکل ۱-۳۲ نحوه ی ترسیم خط بار

کلی ضمن رعایت موارد فوق، نقطه ی کار باید در محلی قرار گیرد که بتواند سیگنال را از دو طرف به یک اندازه تقویت کند.

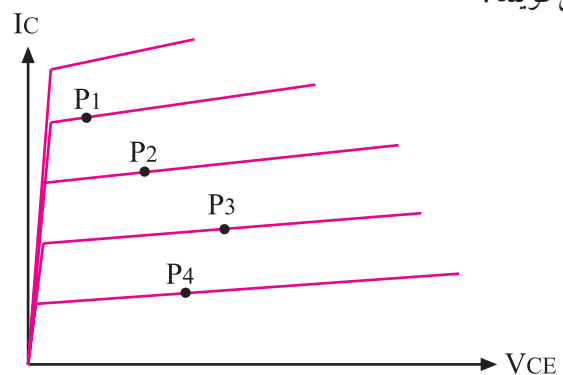
شکل ۱-۲۹ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور که در آن حداکثر توان مجاز ترانزیستور مشخص شده است را نشان می دهد.



شکل ۱-۲۹ محدودیت های انتخاب نقطه ی کار با توجه به توان مجاز ترانزیستور

### ۱-۷-۳ خط بار: بر روی منحنی مشخصه ی خروجی

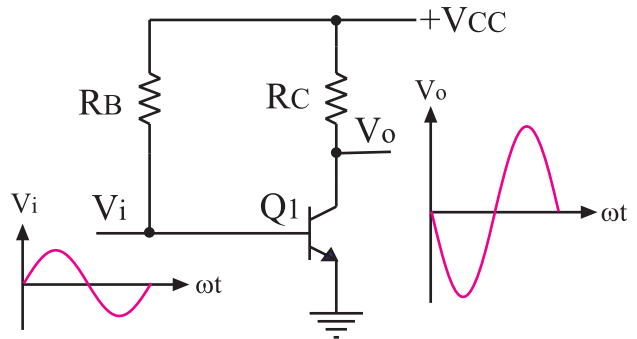
ترانزیستور می توان نقاط زیادی را به عنوان نقطه ی کار انتخاب کرد، شکل ۱-۳۰ با تغییر ولتاژ منبع تغذیه،  $R_B$  یا  $R_C$  نقطه ی کار جدیدی به دست می آید. اگر چند نقطه کار را در حالت هایی پیدا کنیم که ولتاژ منبع تغذیه و مقاومت  $R_C$  ثابت باشند، ملاحظه می کنیم که نقاط مذکور روی یک خط مستقیم قرار می گیرد. به این خط مستقیم «خط بار ترانزیستور» می گویند.



شکل ۱-۳۰ بر روی منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور، نقاط زیادی را می توان به عنوان نقطه کار انتخاب کرد.

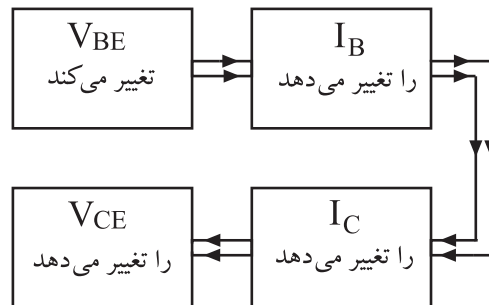
## ۸-۱ نحوه‌ی تقویت در ترانزیستور

برای این که بتوانیم یک سیگنال الکتریکی را از نظر دامنه یا جریان تقویت کنیم، باید ابتدا ترانزیستور را از نظر ولتاژ DC بایاس کنیم. سپس سیگنال مورد نظر را به ورودی بدهیم و از خروجی تقویت کننده، سیگنال تقویت شده را بگیریم. در شکل ۱-۳۳ یک تقویت کننده ساده‌ی ترانزیستوری نشان داده شده است.



شکل ۱-۳۳ یک تقویت کننده‌ی ساده‌ی ترانزیستوری

در شکل ۱-۳۴ چگونگی تغییر ولتاژ خروجی با تغییر ولتاژ ورودی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۳۴ اثر تغییرات  $V_{BE}$  بر روی  $V_{CE}$

خازن‌هایی که در مسیر سیگنال‌های ورودی و خروجی قرار گرفته‌اند مانع عبور مقادیر ولتاژ و جریان DC از طبقه‌ای به طبقه دیگر می‌شوند و فقط سیگنال‌های متغیر را عبور می‌دهند. ظرفیت این خازن‌ها در فرکانس‌های صوتی حدود میکروفاراد است.

سیگنال خروجی همان ولتاژ دو سر «کلکتور - امیتر» ( $V_{CE}$ ) است. برای درک چگونگی تقویت سیگنال با توجه به

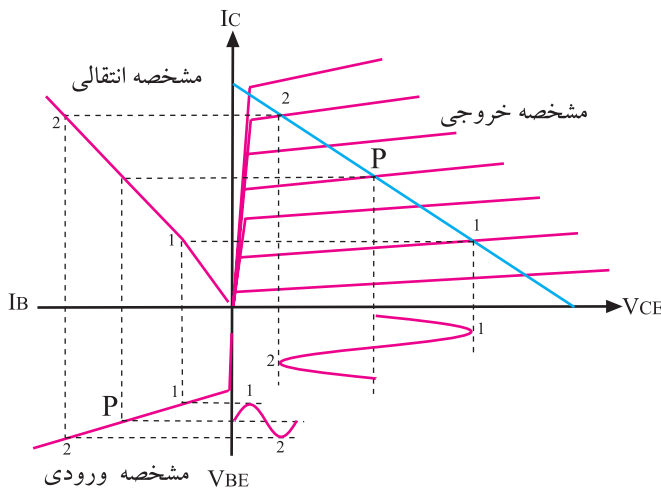
نقطه‌ی کار و خط بار، موضوع را از روی منحنی مشخصه‌های ورودی، انتقالی و خروجی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

سیگنال ورودی به پایه بیس و امیتر اعمال می‌شود بنابراین به ولتاژ DC بین بیس و امیتر ( $V_{BE}$ ) یک ولتاژ متغیر اضافه می‌شود. این ولتاژ متغیر حول نقطه کار ورودی تغییر می‌کند و باعث تغییر  $I_B$  و سبب تغییر در  $I_C$  می‌شود و تغییرات  $I_C$  با توجه به رابطه:

$$V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE}$$

ثابت ثابت

باعث ایجاد تغییر در  $V_{CE}$  می‌شود. بنابراین خروجی تقویت کننده همان ولتاژ دو سر کلکتور و امیتر است. مراحل تقویت سیگنال را در شکل ۱-۳۵ مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۳۵ تغییر ولتاژ ورودی ( $V_{BE}$ ) باعث تغییر  $I_B$  و تغییر  $I_B$  سبب تغییر  $I_C$  می‌شود. تغییر  $I_C$  مقدار  $V_{CE}$  را تغییر می‌دهد

## ۹-۱ مشخصات تقویت کننده‌های ترانزیستوری

هر تقویت کننده‌ی الکترونیکی دارای یک سری مشخصات کلی و عمومی به شرح زیر است:

الف: امپدانس ورودی تقویت کننده

ب: امپدانس خروجی تقویت کننده

ج: بهره‌ی ولتاژ

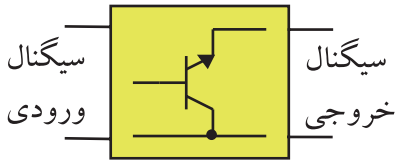
د: بهره‌ی جریان

ه: حداقل فرکانس کار (فرکانس قطع پایین)

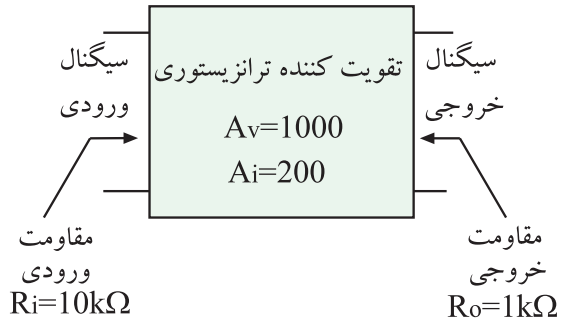
و: حداکثر فرکانس کار (فرکانس قطع بالا)

### ۳-۱۰-۱ آرایش کلکتور مشترک

چنانچه پایه مشترک بین ورودی و خروجی کلکتور باشد، تقویت کننده را کلکتور مشترک می نامند.



شکل ۳۹-۱- تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک



شکل ۳۶-۱ بلوک دیاگرام یک تقویت کننده‌ی عمومی

### نکته مهم:



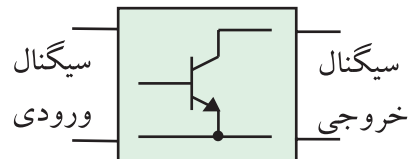
منظور از مشترک بودن یک پایه‌ی ترانزیستور اشتراک از نظر AC است، لذا اگر پایه‌ای از نظر DC به منبع تغذیه متصل باشد چون قطب‌های منبع تغذیه با خازن داخلی آن از نظر AC اتصال کوتاه می شود آن پایه مشترک است.

### ۱۰-۱ آرایش ترانزیستور

در تقویت کننده‌ها، همیشه یک پایه ترانزیستور بین ورودی و خروجی به صورت مشترک قرار می گیرد، زیرا ترانزیستور سه پایه دارد و ما نیاز به دو پایه ورودی و دو پایه خروجی داریم. لذا باید یکی از پایه‌های ترانزیستور به صورت مشترک بین ورودی و خروجی ترانزیستور قرار گیرد.

### ۱-۱۰-۱ آرایش امیتر مشترک

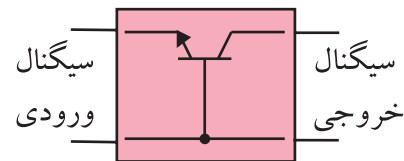
اگر پایه مشترک بین ورودی و خروجی امیتر باشد، تقویت کننده را امیتر مشترک می نامند، شکل ۳۷-۱. علت نام گذاری این آرایش به خاطر مشترک بودن پایه امیتر است.



شکل ۳۷-۱ تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

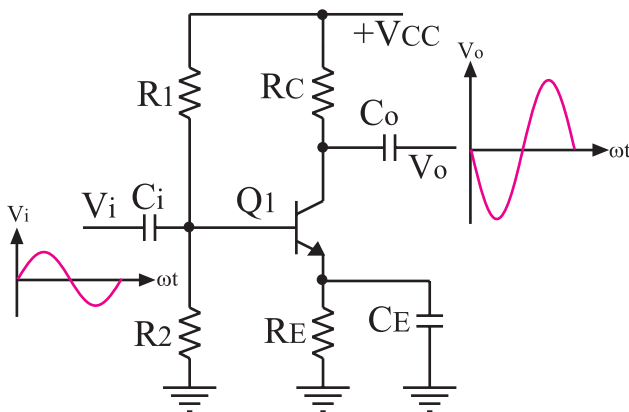
### ۲-۱۰-۱ آرایش بیس مشترک

اگر پایه مشترک بین ورودی و خروجی بیس باشد، تقویت کننده را بیس مشترک می نامند، شکل ۳۸-۱.



شکل ۳۸-۱ تقویت کننده بیس مشترک

مشخصات تقویت کننده‌های امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک با هم متفاوت است. در این قسمت به بررسی مشخصات کلی و عمومی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک می پردازیم. در شکل ۴۰-۱ یک نمونه تقویت کننده امیتر مشترک نشان داده شده است. در این تقویت کننده، سیگنال ورودی را به پایه بیس اعمال می کنیم و سیگنال خروجی را از پایه کلکتور می گیریم.



شکل ۴۰-۱ یک نمونه تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

مشخصات تقویت کننده امیتر مشترک به شرح زیر است :

الف: بهره‌ی ولتاژ ( $\frac{V_o}{V_i}$ ) بیشتر از یک

ب: بهره‌ی جریان ( $\frac{I_o}{I_i}$ ) بیشتر از یک

ج: مقاومت ورودی آن متوسط است (در حدود چند کیلو اهم)

د: مقاومت خروجی آن متوسط است (در حدود چند کیلو اهم)

ه: بین سیگنال ورودی و خروجی آن  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز وجود دارد.

دلیل وجود اختلاف فاز  $180^\circ$  درجه بین ورودی و خروجی این است که وقتی دامنه سیگنال ورودی زیاد می‌شود،  $V_{BE}$  نیز زیاد می‌شود و مقدار  $I_B$  را زیاد می‌کند. با افزایش  $I_B$  مقدار  $I_C$  که برابر با  $\beta I_B$  است افزایش می‌یابد. از طرفی مقدار  $V_{CC}$  در حلقه‌ی خروجی بین مقاومت  $R_C$  و  $V_{CE}$  تقسیم می‌شود. چون  $V_{CC}$  ثابت است، با زیاد شدن  $I_C$  مقدار  $V_{RC}$  زیاد و  $V_{CE}$  کم می‌شود. این کاهش ولتاژ به معنی وجود اختلاف فاز  $180^\circ$  درجه بین ورودی و خروجی است. در صورتی که  $V_{BE}$  کم شود عمل عکس اتفاق می‌افتد. با توجه به شکل ۴۱-۱ داریم:

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$

ثابت      ثابت

## ۱-۱۱ آزمایش شماره ۳

### تقویت کننده امیتر مشترک

زمان اجرا: ۵ ساعت آموزشی

۱-۱۱-۱ هدف آزمایش: بررسی تقویت ولتاژ در

تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

۱-۱۱-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه $1A$ و $15V - 0$	یک دستگاه
۴	برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستور BC107 یا BC108 یا BC109	یک عدد
۶	مقاومت‌های $1K\Omega$ ، $47k\Omega$ ، $10K\Omega$ ، $220\Omega$ ، $2K\Omega$ ( $\frac{1}{4}$ وات)	هر کدام یک عدد
۷	خازن $100\mu f$	دو عدد
۸	خازن $47\mu f$	یک عدد
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم رابط معمولی $50$ سانتی متری	چهار رشته

### ۳- ۱-۱۱ مراحل اجرای آزمایش:

الف: بررسی تقویت ولتاژ در تقویت کننده‌ی

امیتر مشترک با خازن بای پاس

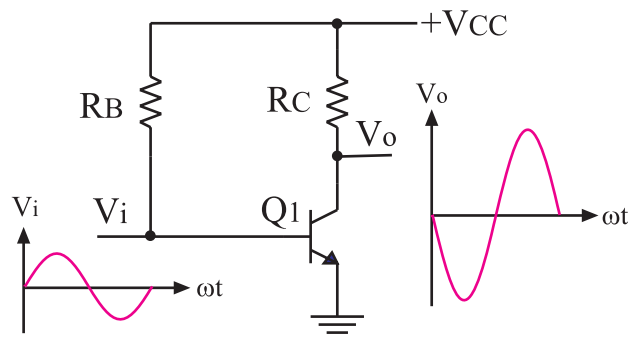
■ منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.

■ منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.

■ به کمک ولوم INTEN نور اشعه را به مقدار کافی تنظیم کنید.

■ به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن نازک



شکل ۴۱-۱- تقویت کننده‌ی ساده ترانزیستوری



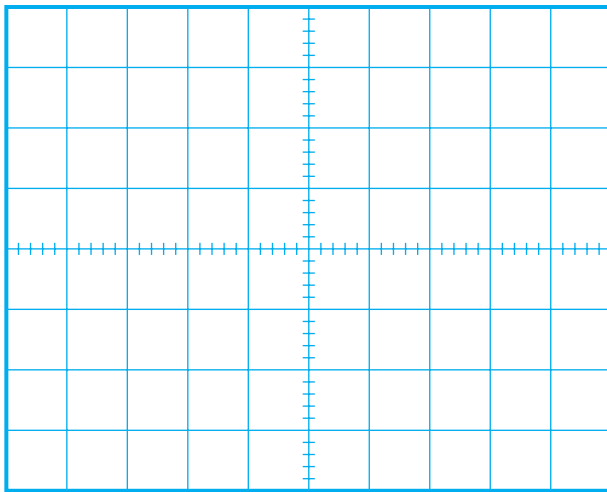
اسیلوسکوپ روی صفحه حساس برابر با ۵۰ میلی‌ولت باشد.  
 ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

کلید SOURCE اسیلوسکوپ را در حالت CH۱ بگذارید.

مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.  
 کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.

شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۴۳-۱، با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۴۳-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت کننده

$$\text{Volts / Div} = \dots\dots\dots V$$

ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

$V_m$  را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید.  
 $V_m = \dots\dots\dots V$

کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قرار دهید.

شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس مربوط به CH۲ (خروجی تقویت کننده) را در نمودار شکل ۴۴-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.

(باریک) کنید.

کلید سلکتور TIME/DIV را روی رنج مناسب قرار دهید.

ولوم Level را روی صفر بگذارید.

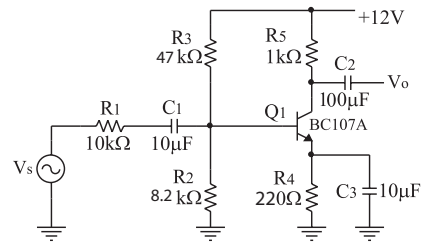
ولوم Time variable را در حالت cal قرار دهید.

ولوم Volt variable هر دو کانال را در حالت cal بگذارید.

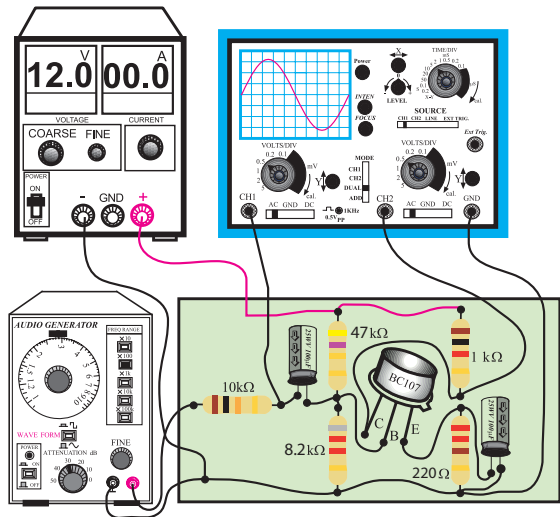
کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را در

حالت GND قرار دهید.

مدار شکل ۴۲-۱ را روی برد برد ببندید.



شماتیک مدار



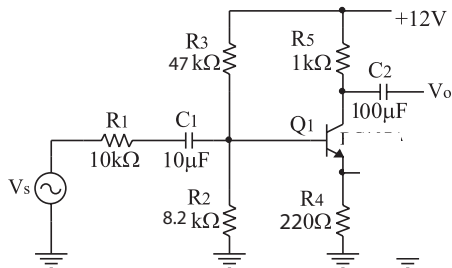
مدار عملی

شکل ۴۲-۱ مدار عملی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک با خازن بای پاس

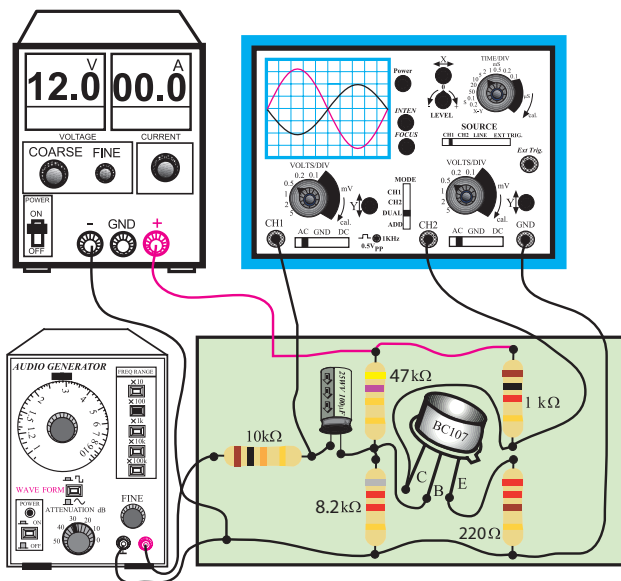
سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ

خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱ KHZ بگذارید. ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه مشاهده شده مربوط به کانال CH۱

خروجی را در حالت سینوسی بگذارید و فرکانس را روی ۱KHZ تنظیم کنید. ولوم دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی مشاهده شده مربوط به کانال ۱ CH اسیلوسکوپ روی صفحه‌ی حساس برابر ۵۰ میلی‌ولت باشد.



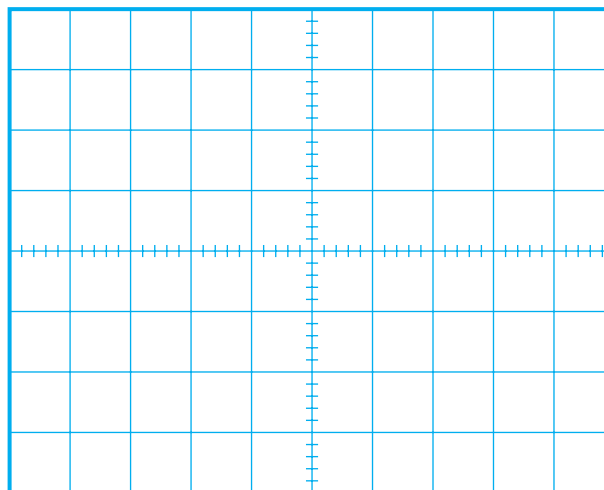
شماتیک مدار



مدار عملی

۱-۴۵ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس (CE)

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.
- کلید SOURCE اسیلوسکوپ را روی CH۱ بگذارید.
- مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.
- کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.



شکل ۱-۴۴ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

■ مقدار  $V_m$  برای کانال ۱ و ۲ را از روی شکل ۱-۴۳ و ۱-۴۴ به دست آورید.

$V_m$  را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید.

■ بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \square$$

■ اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده‌ی سیگنال‌های ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه..... = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی

## ب: بررسی تقویت ولتاژ در تقویت کننده‌ی

### امیتر مشترک بدون خازن بای پاس

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت تنظیم کنید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های مربوط به مرحله‌ی الف را روی آن انجام دهید.
- مدار شکل ۱-۴۵ را روی برد آزمایشگاهی ببندید.
- سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ

$V_m$  را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید.  
 $V_m = \dots\dots V$

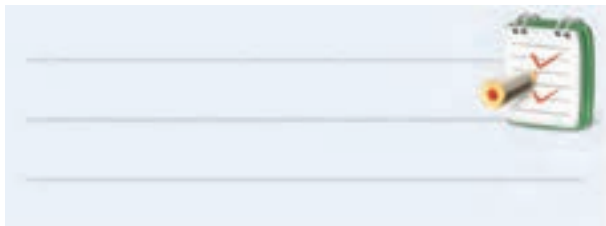
■ مقدار  $V_m$  برای کانال ۱ و ۲ را از روی شکل ۱-۴۶ و ۱-۴۷ به دست آورید.  
 ■ بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} = \boxed{\dots\dots\dots}$$

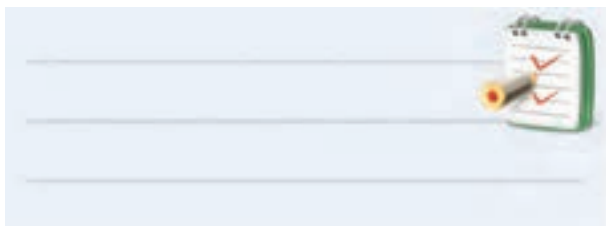
■ اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده‌ی سیگنال‌های ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی  $(\phi)$

**سوال ۶ =** چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود دارد؟ به طور خلاصه توضیح دهید.

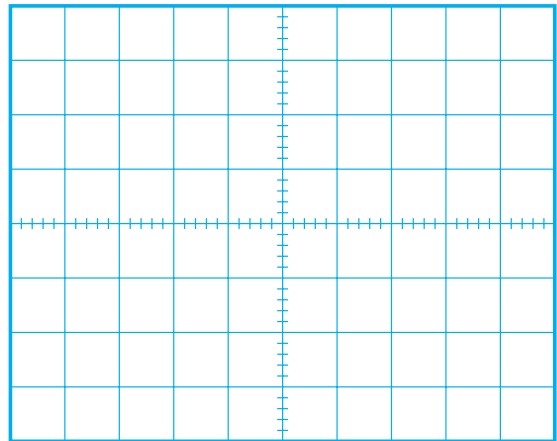


**سوال ۷ =** چرا هنگام مشاهده‌ی شکل موج‌ها، کلید AC-GND-DC اسیلوسکوپ را در حالت AC قرار دادیم؟ اگر در حالت DC قرار می‌دادیم چه اتفاقی می‌افتاد؟ به طور خلاصه توضیح دهید.



**سوال ۸ =** چرا بهره‌ی ولتاژ در حالت بودن و نبودن خازن

■ شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۱ را در شکل ۱-۴۶ با مقیاس مناسب رسم کنید.



Volts / Div = .....V

۱-۴۶ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس

■ ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت

حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

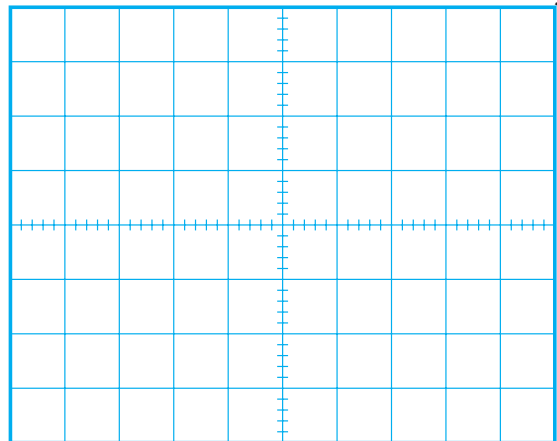
$V_m =$   $V$  را از روی شکل موج نشان داده شده صفحه‌ی حساس به دست آورید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت

AC قرار دهید.

■ شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۲ (خروجی

تقویت کننده) را در نمودار شکل ۱-۴۷ با مقیاس مناسب رسم کنید.



Volts / Div = .....V

۱-۴۷ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

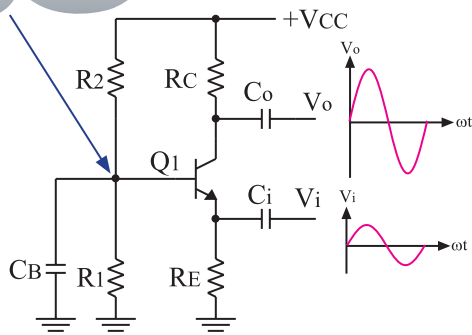
بدون خازن بای پاس

## ۱۲-۱ تقویت کننده بیس مشترک

در شکل ۱-۴۸ یک نمونه تقویت کننده بیس مشترک

نشان داده شده است.

پایه بیس از نظر سیگنال AC به زمین وصل است و ورودی و خروجی مشترک است



شکل ۱-۴۸ یک نمونه تقویت کننده بیس مشترک

در این تقویت کننده سیگنال ورودی را به پایه امیتر می دهیم و سیگنال خروجی را از پایه کلکتور دریافت می کنیم.

مشخصات تقویت کننده بیس مشترک به شرح زیر

است:

الف: بهره ی ولتاژ ( $\frac{V_o}{V_i}$ ) بیشتر از یک است.

ب: بهره ی جریان آن کم تر از یک است.

ج: مقاومت ورودی آن کم است.

د: مقاومت خروجی آن متوسط است.

ه: بین سیگنال ورودی و خروجی آن اختلاف فاز وجود

ندارد.

و: پهنای باند آن وسیع تر از تقویت کننده امیتر مشترک

و کلکتور مشترک است .

بای پاس ( $C_E$ ) در تقویت کننده امیتر مشترک ( با یک دیگر تفاوت دارد؟ توضیح دهید.



## ۴-۱۱-۱ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار

شرح دهید .



## ۱-۱۳ آزمایش شماره ۴

### تقویت کننده بیس مشترک زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

را روی ۱KHZ تنظیم کنید. بعد از بستن مدار، ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ برابر ۵۰mV باشد.

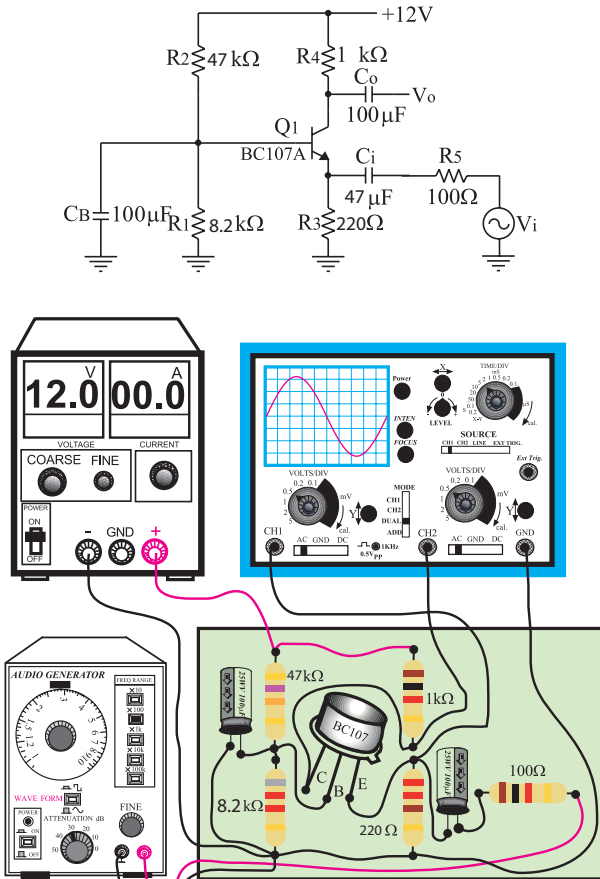
ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

#### ۱-۱۳-۱ هدف آزمایش:

بررسی تقویت ولتاژ تقویت کننده بیس مشترک

#### ۱-۱۳-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱۵V - ۰	یک دستگاه
۴	برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستور BC107 یا BC108 یا BC109	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۴۷kΩ، ۲۲۰Ω، ۱kΩ، ۱۰۰Ω، ۱kΩ (۱/۴ وات)	هر کدام یک عدد
۷	خازن ۱۰۰μf	دو عدد
۸	خازن ۴۷μf	یک عدد
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته



شکل ۴۹-۱ مدار عملی تقویت کننده بیس مشترک

کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار

دهید.

کلید SOURCE اسیلوسکوپ را در حالت CH ۱

بگذارید.

مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.

کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت

AC قرار دهید.

شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۱ را در

نمودار شکل ۵۰-۱، با مقیاس مناسب رسم کنید.

#### ۱-۱۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.

منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی

صفر ولت بگذارید.

اسیلوسکوپ را روشن کنید.

مدار شکل ۴۹-۱ را روی برد آزمایشگاهی

ببندید.

سیگنال ژنراتور را روشن کنید و شکل موج ولتاژ

خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن

$V_m = \dots\dots\dots V$  را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید.


بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} = \boxed{\phantom{000}}$$

اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده دو سیگنال ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه  $\phi = \dots\dots$  = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی

**سوال ۹ =** چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود ندارد؟ به طور خلاصه توضیح دهید.




---




---



---

### ۴-۱۳-۱ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.




---



---



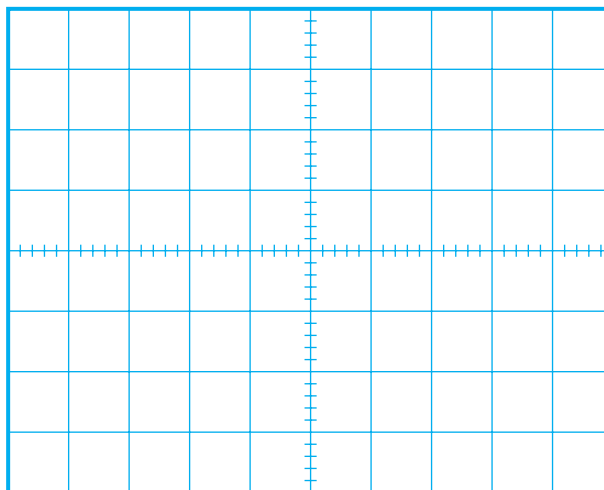
---



---



---



Volts / Div = .....V

شکل ۵۰-۱ شکل ولتاژ ورودی تقویت کننده

ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت

عقربه‌های ساعت بچرخانید.

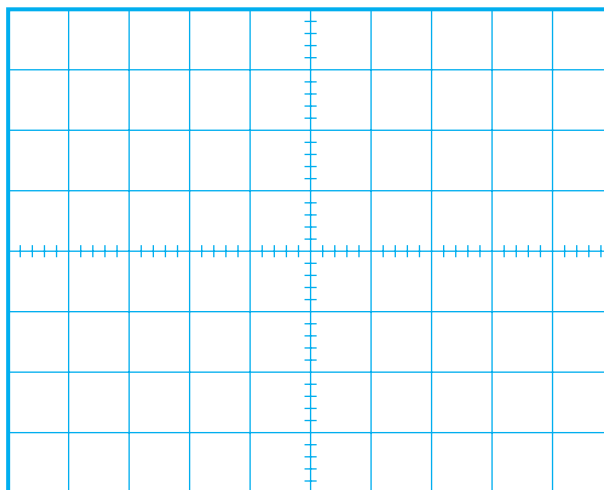
$V_m = \dots\dots\dots V$  را از روی شکل موج ولتاژ نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید.

کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت

AC قرار دهید.

شکل موج مربوط به CH۲ (خروجی تقویت کننده)

را در نمودار شکل ۵۱-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



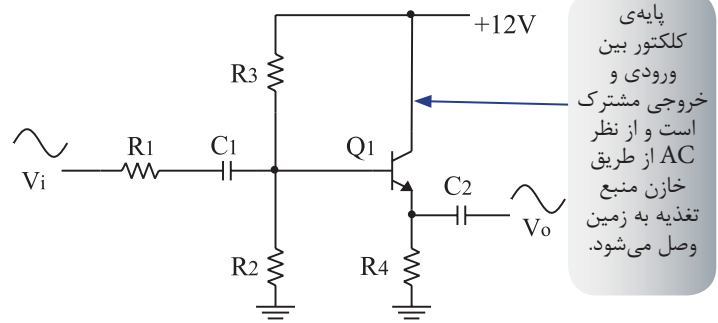
شکل ۵۱-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

Volts / Div = .....V

## ۱۴-۱ تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک

در شکل ۱-۵۲ یک نمونه تقویت کننده‌ی کلکتور

مشترک نشان داده شده است



شکل ۱-۵۲ یک نمونه تقویت کننده کلکتور مشترک

در این تقویت کننده، سیگنال ورودی را به پایه بیس می‌دهیم و سیگنال خروجی را از پایه‌ی امیتر دریافت می‌کنیم.

مشخصات تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک به شرح زیر است:

الف: بهره‌ی ولتاژ آن کم‌تر از یک است.

ب: بهره‌ی جریان آن بیش‌تر از یک است.

ج: مقاومت ورودی آن زیاد است.

د: مقاومت خروجی آن کم است.

ه: بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود

ندارد.

## ۱۵-۱ آزمایش شماره ۵

تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

### ۱-۱۵-۱ هدف آزمایش:

بررسی تقویت ولتاژ تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک

۱-۱۵-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A و ۱۵V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستور BC107	یک عدد
۶	مقاومت‌های $180k\Omega$ ، $10k\Omega$ ، $1/2k\Omega$ ، $100k\Omega$ ، $1k\Omega$ (۱/۴ وات)	هر کدام یک عدد
۷	خازن $10\mu f$	یک عدد
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۹	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

### ۳-۱۵-۱ مراحل اجرای آزمایش:

■ منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.

■ منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را روی

صفر ولت تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را مانند آزمایش (۱) تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را در

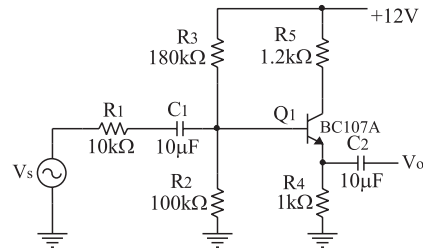
حالت، GND قرار دهید.

■ مدار شکل ۱-۵۳ را روی برد ببندید.

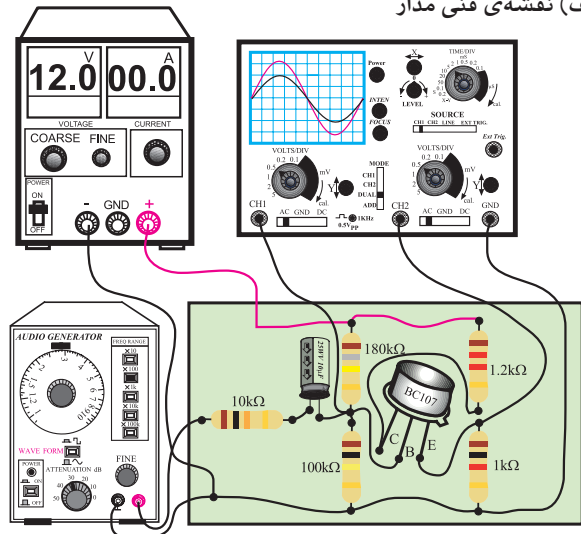
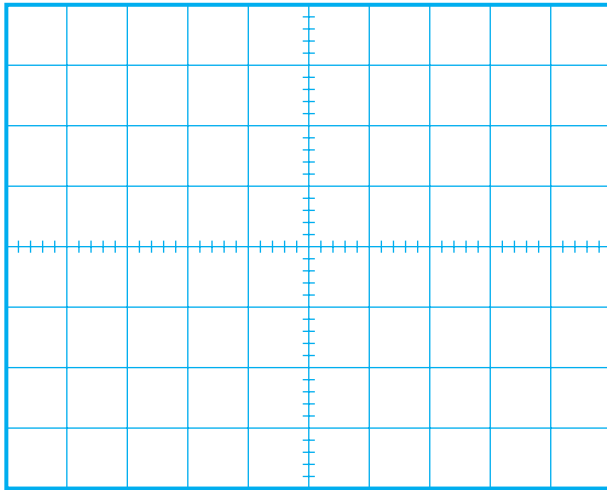
■ کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.

■ شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۵۴-۱، با مقیاس مناسب رسم کنید.

■ مقدار  $V_m$  ورودی را با استفاده از نمودار شکل ۵۴-۱ محاسبه کنید.



الف) نقشه‌ی فنی مدار



شکل ۵۳-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

شکل ۵۴-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده

$$\text{Volts/Div} = \dots\dots\dots V$$

■ ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

$$V_m = \dots\dots\dots V$$

■  $V_m$  را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس به دست آورید.

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱ KHZ تنظیم کنید، ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ برابر ۵ ولت باشد.

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

■ کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

■ کلید SOURCE اسیلوسکوپ را در حالت CH۱ بگذارد.


■ مکان صفر اشعه‌ی هر دو کانال را در مرکز صفحه تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قرار دهید.

■ شکل موج مربوط به CH۲ (خروجی تقویت‌کننده) را در نمودار شکل ۵۵-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



**سوال ۱۱** = چرا هنگام مشاهده شکل موج‌ها، کلید AC-GND-DC اسیلوسکوپ را در حالت AC قرار دادیم؟ اگر در حالت DC بگذاریم چه اتفاقی می‌افتد؟ به طور خلاصه توضیح دهید.




---




---



---

### ۴-۱۵-۱ نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.




---



---



---



---



---



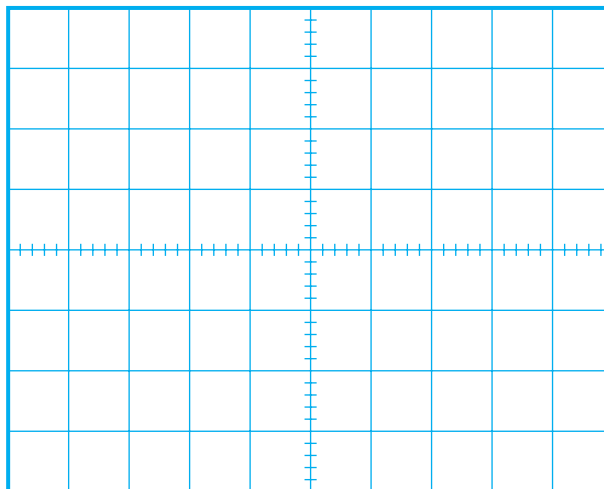
---



---



---



شکل ۵۵-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

$$\text{Volts / Div} = \dots\dots\dots V$$

ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت

عقربه‌های ساعت بچرخانید.

$V_m$  را از روی شکل موج نشان داده شده  $V_m = \dots\dots\dots V$  صفحه حساس به دست آورید.


بهره ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} = \boxed{\phantom{000}}$$

اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده دو سیگنال ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی =  $\phi$

**سوال ۱۰** = چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود ندارد؟ به طور خلاصه توضیح دهید.




---



---



---



## آزمون پایانی فصل ( ۱ )

۳- یکی از مشخصه های خوب تقویت کننده ی بیس مشترک نسبت به تقویت کننده امپتر مشترک و کلکتور مشترک با یک شماره ترانزیستور کدام است ؟

الف ) امپدانس ورودی بیشتر

ب ) بهره ی ولتاژ بیشتر

ج ) پهنای باند بیشتر

د ) هر سه مورد

۴- در کدام تقویت کننده بین سیگنال ورودی و سیگنال تقویت شده اختلاف فاز ۱۸۰ درجه به وجود می آید؟

الف ) امپتر مشترک

ب ) کلکتور مشترک

ج ) بیس مشترک

د ) هر سه مورد

۵- نحوه ی تقویت شدن یک سیگنال الکتریکی را در یک تقویت کننده امپتر مشترک به کمک منحنی های مشخصه ترانزیستور شرح دهید.



۶- در تقویت کننده امپتر مشترک، بهره ولتاژ ..... است.

الف ) کمتر از یک

ب ) برابر با یک

ج ) بیشتر از یک

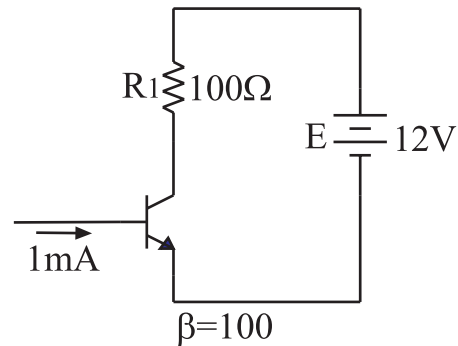
۱- در شکل ۱-۵۶ افت ولتاژ دو سر مقاومت  $100\ \Omega$  چند ولت است؟

الف ) ۱۰

ب ) ۸

ج ) ۶

د ) ۴



شکل ۱-۵۶

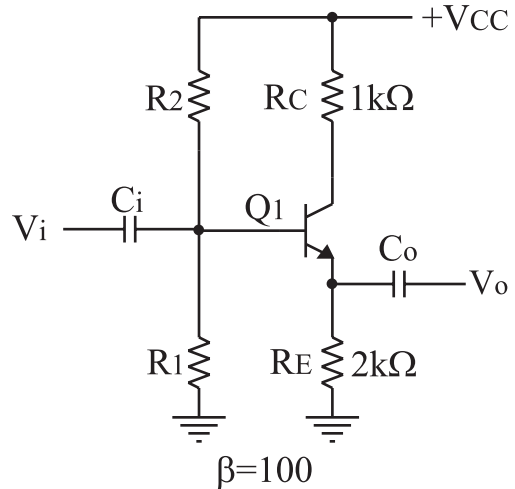
۲- در شکل ۱-۵۷ نسبت  $(\frac{V_o}{V_i})$  کدام است ؟

الف ) یک

ب ) کمتر از یک

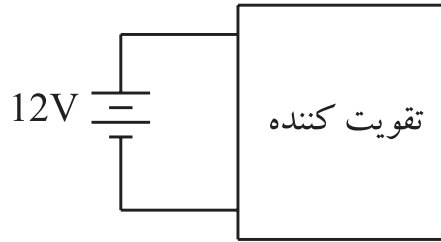
د ) ده

ج ) دو



شکل ۱-۵۷

۷- در تقویت کننده شکل ۱-۵۸ نقش منبع تغذیه DC چیست؟ خیلی خلاصه توضیح دهید.



شکل ۱-۵۸

۱۱- در یک تقویت کننده معمولی،  $V_{CE}$  تقریباً چند درصد  $V_{CC}$  است؟

- الف) ۲۰
- ب) ۷۰
- ج) ۹۰
- د) ۵۰

۱۲- در تقویت کننده کلکتور مشترک بهره ولتاژ..... است.

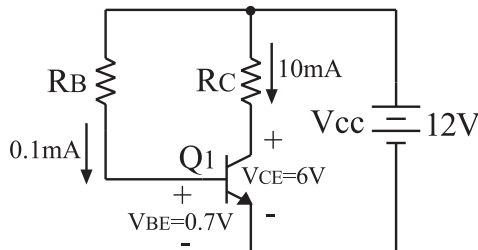
- الف) برابر با یک
- ب) کمتر از یک
- ج) بیش تر از یک

۱۳- مشخصات یک تقویت کننده‌ی امیتر مشترک را بنویسید.

۸- در تقویت کننده‌ی بیس مشترک، بهره‌ی ولتاژ..... است.

- الف) کمتر از یک
- ب) برابر با یک
- ج) بیشتر از یک

۱۴- در شکل ۱-۵۹ مقاومت‌های  $R_B$  و  $R_C$  را محاسبه کنید.



شکل ۱-۵۹

۹- اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و سیگنال خروجی در یک تقویت کننده‌ی بیس مشترک چند درجه است؟

- الف) ۱۸۰ درجه
- ب) ۹۰ درجه
- ج) ۴۵ درجه
- د) صفر درجه

۱۰- در یک تقویت کننده معمولی کلاس A، ولتاژ کلکتور- امیتر چه نسبتی با ولتاژ تغذیه ( $V_{CC}$ ) دارد؟